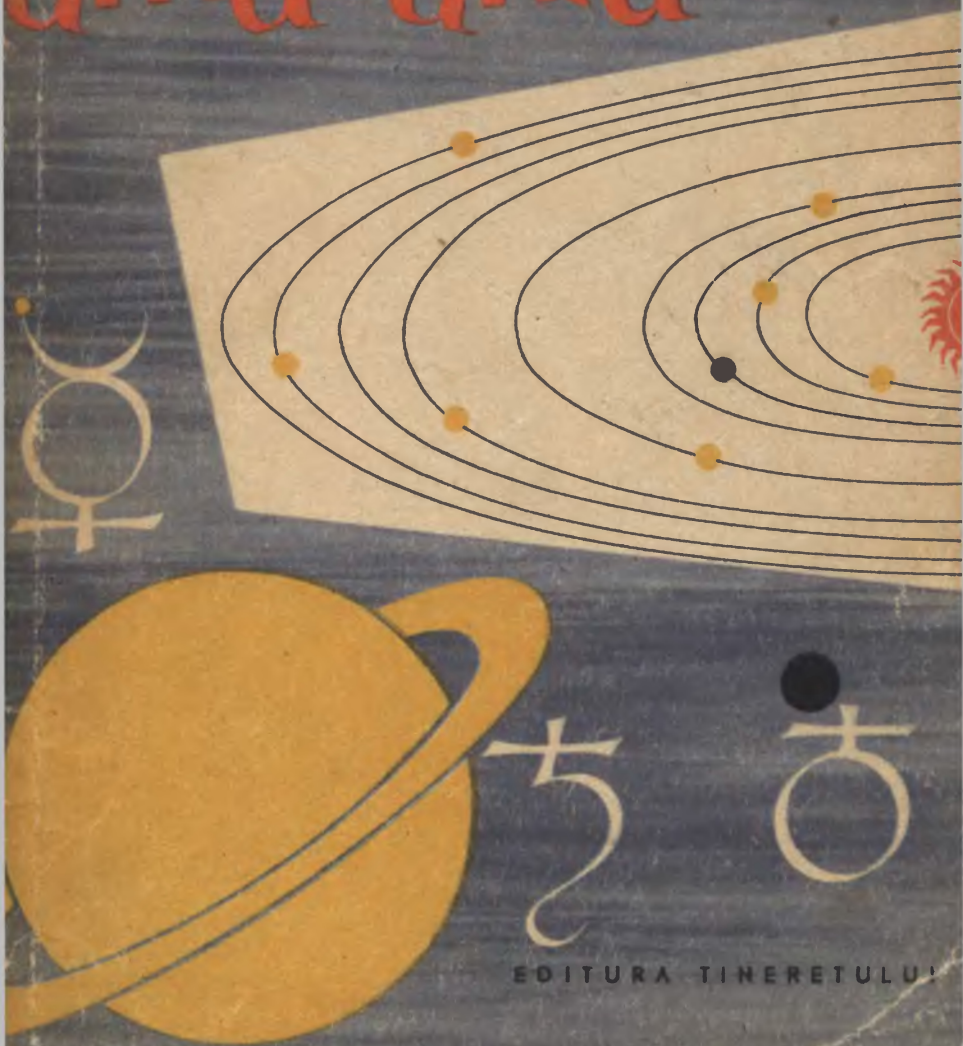


I.I. PERELMAN

# ASTRONOMIA amuzantă



I. I. PERELMAN

# ASTRONOMIA *amuzantă*

SUB REDACTAREA LUI  
P. G. KULIKOVSKI

1959

EDITURA TINERETULUI

Traducere din limba rusă de VALERIA FRÖHLICH  
Ilustrațiile reproduse după originalul sovietic  
Coperta de KANIUK A.

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН  
ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ АСТРОНОМИЯ  
Государственное издательство  
Технико-теоретической литературы  
Москва 1956

## PREFAȚĂ

Uriașele cuceriri ale științei și tehnicii moderne au stîrnit un viu interes în rîndurile marilor mase de oameni.

Lansarea cu succes de către savanții sovietici a primilor sateliți artificiali ai Pămîntului, ca și a rachetei cosmice, care a devenit prima planetă artificială a sistemului nostru solar, au constituit tot atîtea elemente științifice de prim ordin, care au trezit curiozitatea și interesul oamenilor pentru problemele legate de corpurile din Univers, din spațiul infinit.

În țara noastră, dorința oamenilor de a cunoaște mai mult și mai bine s-a reflectat în participarea intensivă la conferințe, în sporirea numărului de vizitatori ai expozițiilor și instituțiilor legate de aceste probleme, dar, mai cu seamă, prin epuizarea rapidă a cărților și broșurilor de popularizare a astronomiei și astronauticii. Astfel, o nouă lucrare din acest domeniu era nu numai necesară, dar și mult așteptată. Aceasta cu atît mai mult, cu cît e vorba de traducerea lucrării cunoscutului om de știință sovietic I. I. Perelman, „Astronomia amuzantă“.

Bun popularizator, autorul cărții este cunoscut publicului cititor din țara noastră prin lucrarea sa „Matematica vie“.

Mulți dintre cei care se interesează de problemele științei cerului vor rămîne, poate, oarecum surprinși de caracterul lucrării „Astronomia amuzantă“. Deși prezintă unele probleme în general considerate ca bine cunoscute — principalele mișcări ale Pămîntului, fazele Lunei, sau unele elemente fizice ale sistemului solar — lucrarea reușește să țină treaz interesul cititorilor tocmai prin modul cu totul deosebit în care sînt prezentate problemele. Ea nu constituie o



descriere a astrelor și a diverselor elemente descoperite de astrofizică, ci atacă probleme curente, sau, mai bine zis, unele aspecte ale unor probleme curente, pe care, spre deosebire de cărțile de popularizare obișnuite, autorul le rezolvă *împreună cu cititorul*. În acest fel, cartea de față împlinește un dublu scop : în primul rînd, acela de a învăța pe cititor să privească lucrurile mai în adîncime, iar în al doilea rînd, să arate cititorului că astronomia modernă, care uimește prin rezultatele sale mărețe, se bazează pe elemente pe care le întîlnim în viață la tot pasul.

Prezentarea în acest fel a lucrurilor a necesitat uneori utilizarea unui aparat matematic. Aici însă se relevă încă unul dintre marile merite ale autorului : acela de a ști să găsească căile matematice cele mai simple, cele care atrag și care suscită interesul pentru cercetarea științifică.

Este foarte adevărat faptul că cele mai multe dintre căile cercetărilor astronomiei moderne se îndreaptă spre îndepărtatele nebuloase spirale ale căror distanțe ne impresionează, sau spre însăși structura sistemului stelar, galaxia noastră. Aceasta însă nu înseamnă că cei care se interesează de astronomie trebuie să neglijeze a b c-ul astronomic. Cîți dintre cititori cunosc în amănunt metodele de stabilire a strălucirii astrelor (dată fizică de maximă importanță în astrofizică), care sînt sistemele de măsură ale timpului, cum se stabilește drumul cel mai scurt pe glob etc. ? De aceea nu ne-am mirat cînd am constatat că autorul vorbește pe pagini întregi despre aceste lucruri și nu vorbește de nebuloasele spirale decît în cîteva rînduri. Cu acel talent care i-a adus — pe bună dreptate — atîtea elogii, autorul conduce pe cititori în problemele de bază ale astronomiei. Din păcate, autorul, murind în anul 1942, n-a ajuns să vadă epocalele realizări ale oamenilor sovietici în domeniul cosmonauticii și să cunoască ultimele date obținute pe baza acestora. De aceea lucrarea de față nu conține asemenea date, valoarea ei rămînînd totuși apreciabilă.

Prin apariția în limba romînă a „Astronomiei amuzante“ se completează un mare gol în literatura de popularizare a astronomiei în țara noastră, acela al prezentării într-o formă cît se poate de atractivă a problemelor oarecum aride ale

astronomiei, a problemelor considerate la prima vedere ca banale, dar care stau la baza dezvoltării cunoștințelor noastre despre Univers. Iată de ce recomandăm cu toată căldura lucrarea de față atât celor care se interesează de rezultatele astronomiei ca elemente de cultură generală, cât și celor care-și rezervă măcar o parte din timpul lor liber — ca amatori — științei cerului.

MATEI ALECSESCU

Director al Observatorului

Astronomic Popular din București

## CUVINT INAINTE

**A**stronomia este o știință binecuvîntată. Așa cum spune savantul francez Arago, ea nu necesită înfrumusețări. Realizările ei sînt atît de captivante, încît nu este nevoie să depui eforturi deosebite spre a atrage atenția asupra lor. Cu toate acestea, știința despre corpurile cerești nu constă numai din descoperiri uimitoare și teorii îndrăznețe. Temelia ei o constituie fapte obișnuite, care se repetă zi de zi. Oamenii care nu fac parte din categoria celor interesați în cercetarea bolții cerești, în majoritatea cazurilor cunosc foarte vag această prozaică parte a astronomiei și nu manifestă un interes deosebit față de ea, deoarece este greu să-ți concentrezi atenția asupra a ceea ce se află permanent în fața ochilor.

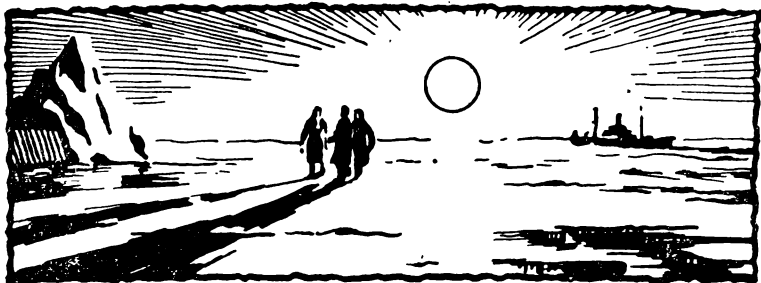
Partea obișnuită a științei despre corpurile cerești, primele ei pagini, și nu ultimele, constituie îndeosebi (dar nu în exclusivitate) conținutul „Astronomiei amuzante“. Cartea are ca scop, în primul rînd, să ajute pe cititor la elucidarea principalelor fenomene astronomice. Asta nu înseamnă că ea reprezintă un fel de manual pentru începători. Metoda de prelucrare a materialului o deosebește în mod esențial de un manual didactic. Faptele banale, oarecum cunoscute, sînt dezvăluite aici într-o formă neobișnuită, adeseori paradoxală. Ele sînt prezentate dintr-o perspectivă nouă, neașteptată, pentru a trezi atenția și pentru a mări interesul față de ele.

Expunerea a fost ferită, în limita posibilităților, de termenii de specialitate și nu a recurs la o *aparatură tehnică*, care de multe ori devine un obstacol între cititor și o carte de astronomie.

Cărților cu caracter popular li se reproșează faptul că, citindu-le, nu te alegi cu nimic serios. Pîna la un anumit

punct, reproșul este întemeiat și este susținut (avînd în vedere scrierile din domeniul științelor exacte) de obiceiul de a evita în cărțile cu caracter de popularizare orice calcule matematice. Și totuși, cititorul își însușește cu adevărat materialul cărții numai atunci cînd învață să-l opereze, cît de cît, în cifre. De aceea, în „Astronomia amuzantă“, ca și în alte cărți ale sale, autorul nu ocolește cele mai simple calcule, ci se îngrijește numai ca ele să fie prezentate într-o formă simplă și pe înțelesul celor ce cunosc matematica elementară. Asemenea exerciții nu numai că fixează mai temeinic cunoștințele acumulate, dar pregătesc pe cititori pentru lectura unor lucrări mai serioase.

Această carte cuprinde capitolele cu privire la Pămînt, Lună, planete, stele și forța gravitației. Autorul, însă, a selecționat cu preponderență materialul, luînd doar ceea ce nu a servit la elaborarea altor lucrări cu caracter popular.



## CAPITOLUL I

### PĂMINTUL — FORMA ȘI MIȘCĂRILE LUI

#### Drumul cel mai scurt pe Pământ și pe hartă

Însemnând cu creta două puncte pe tabla din clasă, învățătoarea dă micului școlar următoarea problemă: „Să se tragă linia cea mai scurtă dintre cele două puncte“.

Elevul, după o scurtă chibzuință, trage între ele o linie frântă.

— Acesta-i drumul cel mai scurt?! — se miră învățătoarea. Cine te-a învățat așa?

— Tatăl meu. El este șofer pe un taxi.

Desigur linia trasată de naivul școlar este de domeniul anecdotei. Cu toate acestea ați zîmbi, cu siguranță, dacă vi s-ar spune că linia punctată de pe figura 1 este drumul cel mai scurt de la Capul Bunei Speranțe pînă la extremitatea sudică a Australiei. Mai surprinzătoare este următoarea afirmație: linia curbă (fig. 2) pornind din Japonia pînă la Canalul de Panama reprezintă un drum mai scurt decît linia dreaptă care unește cele două puncte pe aceeași hartă!

Toate acestea par a fi glume și totuși în fața voastră stau adevăruri incontestabile, bine știute de către cartografi.

Pentru lămurirea acestei chestiuni este nevoie să spunem cîteva cuvinte despre hărți în general și despre hărțile maritime în special. Schițarea pe hîrtie a părților din suprafața Pământului, chiar în principiu, nu este o treabă ușoară, de-

oarece Pământul are forma unei sfere ; or este lucru știut că orice parte dintr-o suprafață sferică nu poate fi desfășurată pe o suprafață plană fără a evita cutele și tăieturile. De nevoie trebuie să acceptăm deformările inevitabile pe hărți. Au fost inventate multe metode de elaborare a hărților, dar niciuna nu este absolut perfectă ; unele dintre ele

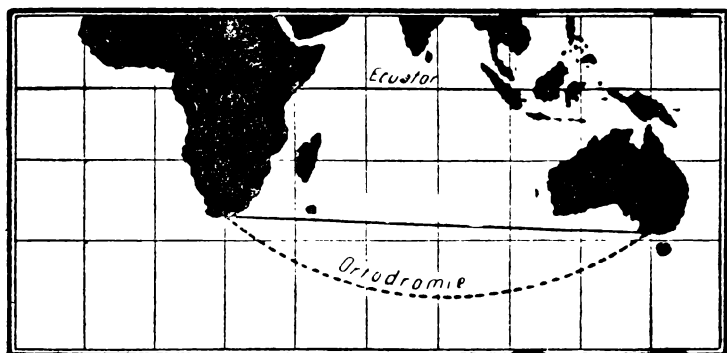


Fig. 1 Pe o hartă maritimă drumul cel mai scurt de la Capul Bunei Speranțe pînă la extremitatea sudică a Australiei nu se marchează cu o linie dreaptă („loxodromie“), ci cu o linie curbă („ortodromie“).

dau deformări de un anumit gen, altele de alt gen, dar hărți fără deformări nu există.

Marinarii folosesc hărți întocmite după metoda străvechiului cartograf și matematician olandez din secolul al XVI-lea Mercator. Această metodă este denumită „proiecția Mercator“. Identificarea unei hărți maritime se face cu ușurință după rețeaua ei dreptunghiulară : meridianele sînt trasate sub formă de linii drepte paralele între ele, iar latitudinea tot sub formă de linii drepte, perpendiculare pe primele (fig. 5).

Imaginați-vă, acum, că se cere să se afle drumul cel mai scurt între două porturi oceanice, care se află pe aceeași paralelă. Pe ocean toate căile sînt accesibile ; deci realizarea unei călătorii pe drumul cel mai scurt este oricînd posibilă, dacă știi punctele pe unde trece. În cazul nostru este firesc să credem că drumul cel mai scurt merge de-a lungul paralelei pe care se află cele două porturi ; pe hartă

acest drum reprezintă o linie dreaptă ; or, care poate fi drumul cel mai scurt decît linia dreaptă ! Greșim însă ; drumul de-a lungul paralelei nu este cîtuși de puțin cel mai scurt.

De fapt, pe suprafața unei sfere drumul cel mai scurt, care unește două puncte, îl constituie arcul de cerc mare<sup>1</sup>

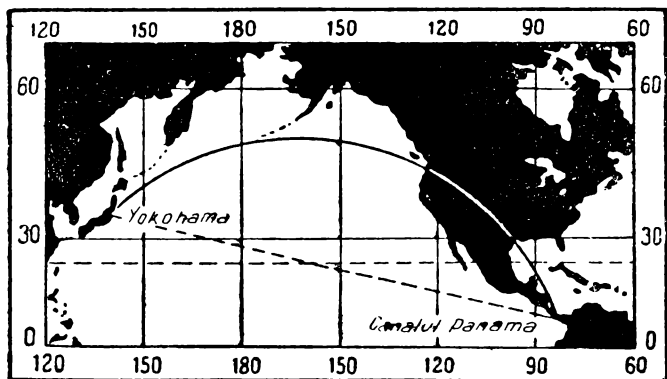


Fig. 2 Pare de necrezut că linia curbă care unește pe o hartă maritimă Yokohama cu Canalul Panama este mai scurtă decît linia dreaptă trasată între aceleași puncte.

care unește aceste puncte. Circumferința paralelei este însă o circumferință mică. Arcul de cerc mare care unește două puncte este mai puțin curb decît arcul oricărei circumferințe mici, care ar trece prin aceleași puncte. Cu cît raza este mai mare, cu atît curbura este mai mică. Întindeți un fir de ață între cele două puncte de pe glob (fig. 3) ; vă veți convinge că ea nu va coincide cu paralela. Ața perfect întinsă este un indiciu indiscutabil că ea reprezintă drumul cel mai scurt, iar dacă pe glob nu corespunde cu paralela, înseamnă că nici pe harta maritimă drumul cel mai scurt nu este marcat cu o linie dreaptă ; repetăm că pe o astfel de hartă paralelele

<sup>1</sup> Cercul mare de pe suprafața unei sfere se numește fiecare circumferință al cărei centru coincide cu centrul acelei sfere. Toate celelalte cercuri sînt denumite circumferințe mici (n.a.).

sînt marcate prin linii drepte și orice linie care nu coincide cu o linie dreaptă este o linie curbă.

În concluzie, drumul cel mai scurt pe o hartă maritimă nu se marchează cu o linie dreaptă, ci cu una curbă.



Fig. 3 Metoda cea mai simplă de a găsi cu adevărat drumul cel mai scurt între două puncte : unim cele două puncte de pe glob cu o ață bine întinsă.

Se povestește că, pentru a alege direcția liniei ferate Nikolaevskaia (astăzi Okteabrskaia), s-au dus controverse interminabile cu privire la traseul pe care urma să fie construită această linie. Disputa a luat sfîrșit la intervenția țarului Nicolae I, care a rezolvat problema pur și simplu printr-o „linie dreaptă” : a unit cu ajutorul unei linii Petersburgul de Moscova. Dacă ar fi făcut această operație pe o hartă „Mercator”, s-ar fi produs o mare surpriză : în locul unei căi ferate drepte ar fi rezultat una curbă.

Cine nu se ferește de calcule va putea, într-un mod simplu, să se convingă că un drum, care pe hartă ni se pare



ocolit, în realitate este mai scurt decât unul pe care sîntem gata să-l considerăm drept. Să presupunem că porturile noastre se află pe latitudinea Leningradului — paralela 60° — și le desparte o distanță corespunzătoare unui unghi de 60°. (Nu importă dacă aceste două porturi există în realitate sau nu.)

În figura 4, punctul O reprezintă centrul globului pămîntesc, AB este linia latitudinii pe care se află porturile A și B; latitudinea este de 60°. Centrul circumferinței latitudinii este în punctul C. Să ne imaginăm că din centrul globului pămîntesc, O, trecem prin cele două porturi un arc de cerc mare: raza lui este  $OB = OA = R$ ; el trece în apropierea arcului AB, dar nu coincide cu el.

Să calculăm lungimea fiecărui arc. Deoarece punctele A și B sînt situate pe o latitudine de 60°, razele OA și OB împreună cu OC (axa globului pămîntesc) formează un unghi de 30°. În triunghiul dreptunghi ACO, cateta AC ( $= r$ ), opusă unui unghi de 30°, este egală cu jumătate din ipotenuza AO; deci,  $r = \frac{R}{2}$ . Lungimea arcului AB reprezintă a șasea parte din lungimea circumferinței latitudinii, și întrucît această circumferință este de două ori mai mică decât circumferința mare (corespunzător razei de două ori mai mici), lungimea arcului circumferinței mici  $AB = \frac{1}{6} \times \frac{40\,000}{2} = 3\,333$  km.

Spre a determina lungimea arcului unui cerc mare, care să unească aceleași puncte (adică drumul cel mai scurt între ele), trebuie să aflăm mărimea unghiului AOB. Coarda AB reprezintă una din laturile unui exagon regulat înscris în această mică circumferință; prin urmare,  $AB = r = \frac{R}{2}$ . Dacă marcăm dreapta OD, care unește centrul globului pămîntesc

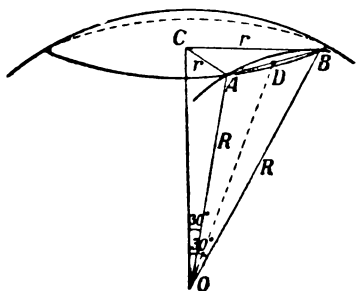


Fig. 4 Calculul distanței dintre punctele A și B ale unei sfere de-a lungul unei paralele și de-a lungul circumferinței mari.

mîntesc O cu mijlocul coardei AB — respectiv D — obținem triunghiul dreptunghi ODA, în care unghiul D este unghi drept.

$$DA = \frac{1}{2} AB \text{ și } OA = R$$

Deci,

$$\sin AOD = AD : AO = \frac{R}{4} : R = 0,25$$

De aici deducem (din tabele, corespunzător valorii 0,250)

$$\widehat{AOD} = 14^{\circ}28',5$$

prin urmare

$$\widehat{AOB} = 28^{\circ}57'$$

Acum nu este greu să găsim distanța, în kilometri, a drumului pe care îl căutăm. Calculul poate fi simplificat, dacă ne amintim că lungimea corespunzătoare unui minut, pe un cerc mare de pe globul pămîntesc, corespunde cu o milă marină, adică cu aproximativ 1,85 km. Prin urmare,  $28^{\circ}57' = 1737' \approx 3213$  km.

Aflăm că drumul de-a lungul latitudinii trasate pe o hartă de navigație maritimă printr-o linie dreaptă reprezintă 3333 km, pe cînd drumul de-a lungul circumferinței mari — după curba de pe hartă — este de 3213 km, adică cu 120 km mai scurt.

Luînd un fir de ață și avînd la îndemîină un glob, veți putea controla ușor justetea schiței noastre și vă veți convinge că arcurile cercurilor mari trec în realitate prin locurile indicate în schiță. Drumul pe mare, chipurile „drept“, care unește Africa de Australia (fig. 1), este de 6020 mile, în timp ce drumul de-a lungul liniei „curbe“ este de 5450 mile, adică mai scurt cu 570 mile, sau 1050 km. Ruta aeriană „dreaptă“ marcată pe o hartă navală de la Londra la Șanghai traversează Marea Caspică, pe cînd în realitate cel mai scurt drum trece la nord de Leningrad. Se înțelege că aceste probleme au un mare rol în economisirea timpului și a combustibilului.

Dacă în epoca vaselor cu pînze timpul nu a fost întotdeauna prețuit — pe vremea aceea „timpul“ nu era socotit „ban“ — o dată cu apariția vapoarelor, însă, fiecare

tonă de cărbune consumată în plus trebuia plătită. Iată de ce în zilele noastre vasele sînt dirijate pe drumul cel mai scurt, folosindu-se deseori așa-zisele hărți de proiecție „centrală” și nu de proiecție „Mercator”; pe aceste hărți, cercurile mari sînt marcate cu linii drepte.

Dar de ce oare vechii navigatori foloseau aceste hărți atît de înșelătoare și alegeau căi dezavantajoase? Ar fi greșit să credem că în timpurile străvechi nu se cunoștea particularitatea arătată aici a hărților maritime. Firește, chestiunea nu se explică prin asta, ci prin faptul că, pe lîngă unele neajunsuri, hărțile întocmite după sistemul „Mercator” prezintă avantaje extrem de prețioase. O astfel de hartă reprezintă, în primul rînd, porțiuni separate și nu prea mari din suprafața globului pămîntesc, fără nici o deformare, păstrînd unghiurile conturului. Acest avantaj nu este diminuat de faptul că, pe măsură ce ne depărtăm de Ecuator, toate contururile cresc simțitor în dimensiuni. La latitudinile înalte, creșterea dimensiunii conturilor este atît de considerabilă, încît un om care nu cunoaște particularitățile unei hărți maritime își face o impresie complet greșită despre adevărata întindere a continentelor. Groenlanda pare a fi tot atît de mare ca și Africa, Alaska pare mai mare ca Australia, deși Groenlanda este de 15 ori mai mică decît Africa, iar Alaska, luată împreună cu Groenlanda, este de două ori mai mică decît Australia. Un marinar, însă, care cunoaște bine aceste particularități ale hărții, nu poate fi indus în eroare. El se împacă cu ele mai ales că, într-o porțiune limitată, harta maritimă redă imaginea exactă a naturii.

În schimb harta maritimă facilitează extrem de mult problemele practice ale navigației. Aceasta este unica hartă pe care se marchează prin linie dreaptă ruta unui vas cu unghi de drum constant. A naviga sub un „unghi de drum constant” înseamnă a ține în permanență aceeași direcție, a te menține mereu pe același „cart”, cu alte cuvinte, a naviga în așa fel ca să traversezi toate meridianele sub același unghi. Această rută („loxodromie”) poate fi marcată printr-o linie dreaptă numai pe o astfel de hartă, unde toate meridianele sînt linii drepte, paralele între ele<sup>1</sup>. Deoarece, însă, pe glo-

---

<sup>1</sup> În realitate loxodromia este o linie în formă de spirală, care înfășoară ca un ghivent globul pămîntesc (n. a.)

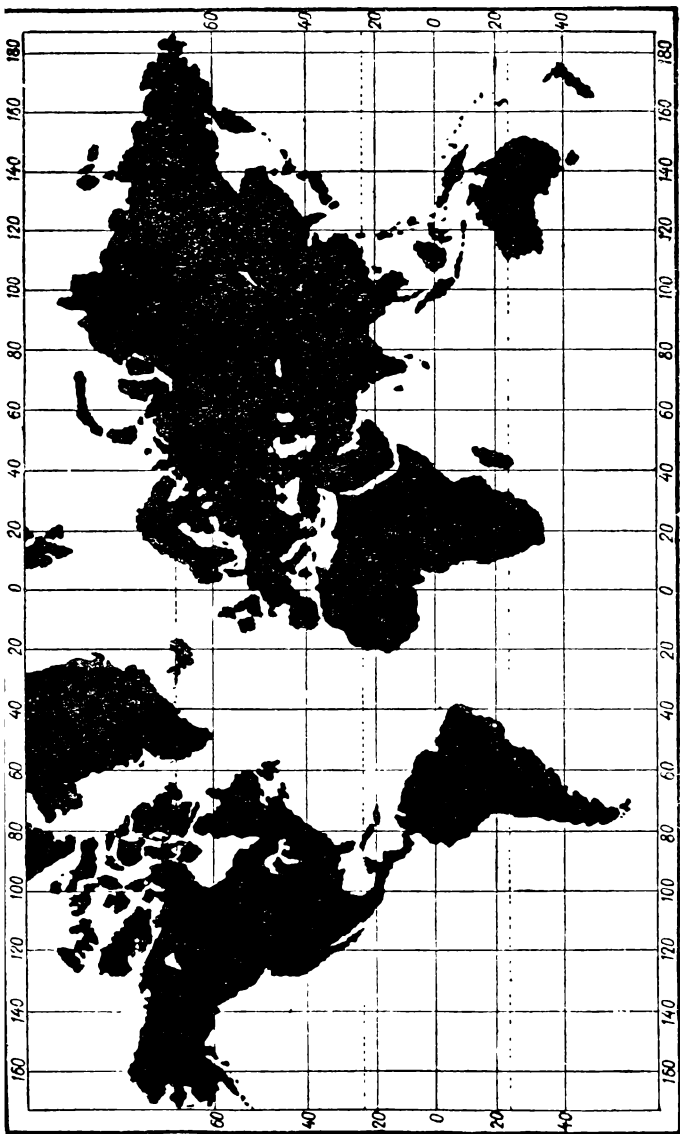


Fig. 5 Hartă maritimă sau harta Mercator a globului pământesc. Pe o astfel de hartă dimensiunile conturilor dis-  
tante de Ecuator sînt exagerate. De pildă, care suprafață este mai mare, a Groenlandei sau a Australiei ? Ră-  
punsul în text.)

bul pămîntesc latitudinile se întretaie cu meridianele în unghi drept, pe o astfel de hartă circumferințele latitudinilor trebuie să reprezinte de asemenea linii drepte, perpendiculare pe liniile meridianelor. Astfel ajungem tocmai la acea rețea de coordonate, care reprezintă particularitatea caracteristică a hărții maritime.

Este explicabilă deci, preferința marinarilor pentru hărțile de tip „Mercator”. Navigatorul, vrînd să determine ruta pentru a merge spre portul stabilit, unește cu rigla cele două puncte — de plecare și de sosire — și măsoară unghiul pe care-l formează această riglă cu meridianele. În larg, menținîndu-se în permanență pe această direcție, navigatorul va conduce nava fără greș la țință. Vedeți că loxodromia, deși nu reprezintă calea cea mai scurtă, cea mai economică, este în schimb extrem de comodă pentru marinari. De exemplu, pentru a ajunge de la Capul Bunei Speranțe la extremitatea sudică a Australiei (fig. 1), trebuie să te menții cu strictețe pe direcția S  $87^{\circ},50$ . Dar dacă vrei să ajungi la același punct terminus pe calea cea mai scurtă (pe „ortodromie”) este nevoie, așa cum se vede în desenul nostru, să schimbi în permanență direcția navei ; să pornești de la S  $42^{\circ},50$  și să ajungi la N  $53^{\circ},50$  (în acest caz, drumul cel mai scurt nu este nici măcar realizabil, deoarece se blochează în țărmlul de gheață al Antarcticei).

Ambele căi — pe „loxodromie” și pe „ortodromie” — coincid numai în cazul în care drumul de-a lungul cercului mare este marcat pe hartă cu o linie dreaptă (deplasarea se face de-a lungul Ecuatorului sau meridianului). În toate celelalte cazuri, aceste căi sînt diferite.

## Gradul de longitudine și gradul de latitudine

### Problemă

Cu siguranță că cititorii au o noțiune destul de clară despre ceea ce reprezintă longitudinea și latitudinea geografică. Sînt, totuși, convins că nu toți vor răspunde exact la următoarea întrebare :

Gradul de longitudine este întotdeauna mai lung decît gradul de latitudine ?

Majoritatea cititorilor sînt convinși că lungimea oricărei paralele este mai mică decît a unui meridian. Și deoarece gradul de longitudine se calculează după paralele, iar gradul de latitudine după meridiane, ei ajung la concluzia că primele în nici un caz nu pot depăși în lungime pe ultimele. Aceștia uită, însă, că Pămîntul nu este o sferă perfect rotundă, ci are o formă elipsoidală, ușor dilatată la Ecuator. Pe forma elipsoidală a Pămîntului atît lungimea Ecuatorului cît și aceea a paralelelor care trec prin apropierea lui depășesc circumferința unui meridian. Calculele ne arată că pînă spre  $5^{\circ}$  latitudine, lungimea gradelor paralelelor (adică a longitudinii) este mai mare decît aceea a gradelor unui meridian (adică a latitudinii).

## Incotro a zburat Amundsen ?

### Problemă

În care parte a orizontului s-a îndreptat Amundsen plecînd de la Polul Nord, și în care parte s-a îndreptat plecînd de la Polul Sud ?

Răspundeți, fără a consulta jurnalul marelui explorator.

### Răspuns

Polul Nord este punctul cel mai nordic al globului pămîntesc. În oricare direcție am porni din acest punct, nu putem să ne îndreptăm decît spre sud. Întorcîndu-se de la Polul Nord, Amundsen putea să se îndrepte numai spre sud ; din acel punct o altă direcție nu poate să existe. Iată un extras din jurnalul său din timpul zborului spre Polul Nord, pe bordul „Norvegiei“ :

«„Norvegia“ a descris un cerc în jurul Polului Nord. Apoi am continuat drumul... Am luat direcția — sud, pentru prima oară din clipa cînd dirijabilul a părăsit Roma».

La fel, este limpede că, pornind de la Polul Sud, Amundsen putea să se îndrepte numai spre nord.

Kozma Prutkov ne vorbește, într-o povestire hazlie, despre un turc care s-a trezit la un moment dat într-o țară „absolut răsăriteană“. „În față răsărit, în părți răsărit. Dar apusul? Vă închipuiți oare că acesta se zărește, totuși, într-un punct oarecare, abia vizibil?... De loc! În spate e tot răsăritul. Pe scurt: peste tot și în toate părțile răsărit nesfârșit.“

Țară înconjurată din toate părțile de răsărit nu există pe globul pământesc. Există însă pe Pământ un loc înconjurat din toate părțile de Sud, după cum există și un punct înconjurat de un Nord „nesfârșit“. La Polul Nord s-ar putea construi o casă ai cărei pereți să fie întorși toți cu fața spre sud. Acest lucru l-ar putea înfăptui într-adevăr glorioșii exploratori sovietici care cercetează regiunile Polului Nord.

## Cinci feluri de socotire a timpului

Într-atît ne-am obișnuit cu ceasul din perete sau cu ceasul de mînă, încît nici nu ne dăm seama de însemnătatea indicațiilor lor. Sînt convins că printre cititori sînt puțini cei care ar putea să explice ce înțeleg atunci cînd spun:

— Acum este ora șapte seara.

Este posibil, oare, ca explicația să conștie numai în faptul că acul mic al ceasului indică cifra șapte? Ce semnifică această cifră? Ea arată că după-amiază s-a scurs o fracțiune de  $\frac{7}{24}$  dintr-o zi și o noapte. Dar ce *fel* de amiază și în primul rînd  $\frac{7}{24}$  din *care* zi și *care* noapte? Ce este aceea zi și noapte?

Ziua și noaptea luate împreună reprezintă intervalul de timp în decursul căruia globul pământesc se rotește în raport cu Soarele, o singură dată în jurul axei sale. Practic acest interval de timp se măsoară astfel: se observă de două ori consecutiv trecerea Soarelui (mai exact a centrului său) pe cer, prin dreptul liniei care unește punctul ce se află deasupra observatorului („zenit“) cu punctul sud de pe orizont.

Acest interval nu este întotdeauna egal: Soarele trece peste linia indicată uneori mai devreme, uneori mai tîrziu.

A regula ora după această „amiază reală“ este un lucru imposibil. Cel mai iscusit meșter nu este în stare să regleze un ceasornic, astfel încât acesta să meargă strict după Soare; pentru acest scop, Soarele este prea nepunctual. „Timpul după Soare este înșelător“ — scriau ceasornicarii parizieni, pe emblema lor, acum o sută de ani.

Ora noastră nu se reglementează după adevăratul Soare, ci după un Soare imaginar, care nu luminează, nu încăl-

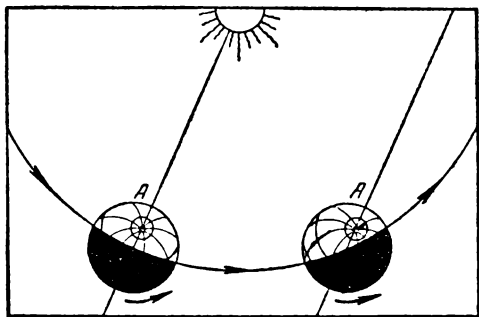


Fig. 6 De ce 24 ore solare sînt mai lungi decît 24 ore siderale? (Amănunte în text)

zește, ci este doar inventat pentru stabilirea unui timp uniform. Imaginați-vă că există în natură un glob luminos, care se mișcă uniform în tot timpul anului, înconjurînd Pămîntul în același interval de timp în care face înconjurul Pămîntului — firește în mod aparent — Soarele nostru real. Acest glob, creat de imaginație, este denumit în astronomie „Soare mijlociu“. Momentul trecerii lui prin linia zenit-sud se numește „Amiază mijlocie“; intervalul dintre două amiezi mijlocii îl constituie „24 ore solare mijlocii“, iar timpul calculat în acest fel se cheamă „timp solar mijlociu“. Ceasul de mîină sau cel de perete merg numai după acest timp solar mijlociu, pe cînd un ceas care merge după Soare și al cărui ac indicator îl reprezintă umbra unei bare pe pămînt arată ora solară adevărată pentru locul respectiv<sup>1</sup>.

Avînd în vedere cele de mai sus, este probabil că cititorul își închipuie că globul pămîntesc se rotește în jurul axei

<sup>1</sup> Un asemenea „ceas“ se numește cadran solar (n. red. rom.)



sale în mod inegal și de aici decurge neconcordanța între cele 24 ore reale și cele mijlocii. Acest lucru nu este just : inegalitatea intervalului de 24 ore este condiționată de inegalitatea altei mișcări a Pământului, și anume — mișcarea lui pe orbită în jurul Soarelui. Vom înțelege îndată cum se poate răsfrînge aceasta asupra duratei celor 24 ore.

În figura 6 vedeți două poziții succesive ale globului pămîntesc. Săgețile de jos indică în ce sens se rotește Pământul în jurul axei sale. Să analizăm poziția din stînga. În punctul A este acum amiaza ; acest punct se află exact în fața Soarelui. Imaginați-vă acum că Pământul s-a rotit exact o singură dată în jurul axei sale ; în acest timp el s-a mișcat și pe orbită, ocupînd un alt loc, mai spre dreapta. Raza Pământului ridicată din punctul A păstrează, ca și în ziua precedentă, aceeași direcție, dar punctul A, de data aceasta, nu se mai află drept în fața Soarelui. Pentru cineva care se găsește în punctul A, ora amiezii nu a sosit încă. Soarele este în stînga liniei trase din punctul A. Pământul trebuie să se mai rotească oțeva minute, pentru ca în acest punct să fie o nouă amiază.

Ce deducem de aici ? Că intervalul dintre două amiezi solare reale este *mai lung* decît timpul unei rotații complete a Pământului în jurul axei sale<sup>1</sup>. Dacă Pământul s-ar roti uniform în jurul Soarelui, pe un *cerc* în centrul căruia s-ar afla Soarele, diferența dintre durata reală de rotație în jurul axei și cea aparentă, pe care o determinăm după Soare, ar fi de la o zi la alta aceeași. Ea poate fi ușor stabilită, dacă ținem seama de faptul că din aceste plusuri mici trebuie să se adune, în timp de un an, 24 de ore, (Pământul, rotindu-se pe orbită, se învîrtește o singură dată mai mult în jurul axei sale în timp de un an) ; prin urmare durata reală a fiecărei rotații în jurul axei este egală cu :

$$365\frac{1}{4} \text{ zile} : 366\frac{1}{4} = 23 \text{ ore } 56 \text{ minute } 4 \text{ sec.}$$

Vom remarca cu această ocazie că durata „reală“ a celor 24 ore nu este altceva decît perioada de rotație a Pământului în raport cu oricare stea ; din acest motiv, aceste 24 ore se numesc „siderale“.

<sup>1</sup> Care se ia în raport cu stelele (n. red. rom.).

Astfel 24 ore siderale, *în medie*, sînt mai scurte cu 4 minute decît cele 24 ore solare sau, mai exact, cu 3 minute și 56 secunde. Diferența nu rămîne aceeași, pentru că : 1) Pămîntul nu face înconjurul Soarelui pe o orbită perfect circulară, ci pe o elipsă, mișcîndu-se în unele puncte ale ei (mai apropiate de Soare) ceva mai repede, iar în altele (mai distanțate de Soare) — mai încet, și 2) axa de rotație a Pămîntului este înclinată față de planul orbitei sale. Ambele cauze condiționează faptul că durata reală și mijlocie a diferitelor zile diferă cu un număr variabil de minute, care atinge în unele zile cifra 16. Numai de patru ori pe an ambele durate coincid :

15 aprilie  
14 iunie  
1 septembrie  
24 decembrie

Și, dimpotrivă, în zilele de :

11 februarie  
2 noiembrie

diferența între durata reală și medie a zilei atinge cifra maximă — circa un sfert de oră. Curba din figura 7 ne arată cît de mare este această diferență în diferite zile ale anului.

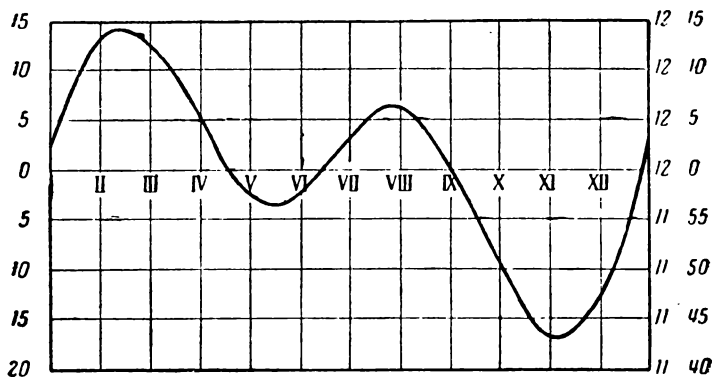


Fig. 7 Acest grafic arată care este diferența dintre amiaza solară reală și amiaza solară medie în anumite zile. Spre exemplu, la 1 aprilie, la amiaza solară reală un ceas mecanic de precizie trebuie să indice ora 12 și 5 minute ; cu alte cuvinte, curba arată ora medie a amiezii reale.

Pînă în anul 1919, cetățenii U.R.S.S. trăiau după ora solară locală. Pentru fiecare meridian al globului pămîntesc, amiaza medie are loc la diferite ore (amiaza „locală“), de aceea fiecare oraș se ghida după ora lui locală ; numai plecarea și sosirea trenurilor se stabilea după o oră comună pentru întreaga țară, după ora Petrogradului. Cetățenii făceau deosebirea între ora „locală“ și ora „gării“ în felul următor : ora locală, adică ora solară mijlocie locală, era indicată de ceasul orășenesc, pe cînd ora solară mijlocie a Petrogradului o indica ceasul gării. În prezent toată circulația trenurilor este reglementată după ora Moscovei.

Începînd din anul 1919, calculul duratei unei zile nu se mai bazează pe ora locală, ci pe așa-zisa oră a „fusului“. Globul pămîntesc este împărțit de meridiane în 24 de „fuse“ egale între ele, și toate punctele ce se află pe un fus se ghidează după aceeași oră — ora mijlocie solară, care corespunde cu ora meridianului mediu al fusului respectiv. Pe întregul glob pămîntesc, în orice clipă, „există“ din acest motiv, numai 24 ore diferite, și nu o sumedenie de ore locale, așa cum se obișnuia pînă la introducerea sistemului la baza căruia sta împărțirea pe fuse a globului.

La aceste trei modalități de determinare a timpului — ora solară reală, ora mijlocie solară locală și ora „fusului“ — trebuie adăugată o a patra modalitate, folosită numai de astronomi. Această modalitate este ora „siderală“, calculată după cele 24 ore siderale, despre care am vorbit mai sus și care, după cum știm, sînt mai scurte decît 24 ore solare mijlocii cu aproximativ 4 minute. La 22 septembrie ambele timpuri (mijlociu solar și sideral) coincid, dar începînd cu ziua următoare timpul sideral depășește timpul mijlociu solar în fiecare zi cu aproape 4 minute.

În sfîrșit, mai există și o a cincea modalitate de calcul a timpului — așa-zisa oră „oficială“ — după care se ghidează în tot cursul anului întreaga populație a U.R.S.S., iar majoritatea țărilor occidentale se ghidează după această oră în timpul sezonului de vară.

Ora oficială se stabilește exact cu o oră înainte de ora fusului. Scopul acestei măsuri este următorul : în perioada anului, cînd ziua este mai mare — din primăvară pînă în toamnă — este important să începem și să terminăm ziua de lucru mai devreme, pentru a reduce consumul de electri-

citare, folosit în scopul iluminatului artificial. Aceasta se realizează oficial prin mutarea înainte a acului indicator de la ceas (orarul). Această modificare de orar, în țările occidentale se înfăptuiește în fiecare primăvară (mutându-se acul indicator al ceasului, la ora 1 noaptea, la cifra 2), și în fiecare toamnă acul este mutat înapoi cu o oră.

În U.R.S.S., ora se reglează în felul de mai sus pe întreg anul, adică nu numai vara, ci și iarna; deși consumul electricității nu se reduce în timpul iernii, în schimb se realizează o solicitare mai uniformă a uzinelor electrice.

Ora „oficială” a fost introdusă pentru prima oară în U.R.S.S. în anul 1917<sup>1</sup>; într-o anumită perioadă, acul indicator al ceasului fusese dat înainte cu două și chiar cu trei ore; după o întrerupere de câțiva ani, acest procedeu a fost din nou introdus în U.R.S.S., din primăvara anului 1930, și păstrează o diferență de o oră în plus față de ora fusului.

## Durata unei zile

Durata exactă a unei zile, pentru orice loc și orice dată a anului, poate fi calculată după tabelele anuarului astronomic. Cititorul nostru, însă, pentru scopurile sale obișnuite, aproape că nu are nevoie de această precizie de calcul; dacă este dispus să se mulțumească cu o aproximație relativ discutabilă, îi va fi de folos schema pe care i-o prezentăm (fig. 8). De-a lungul marginii din stînga se indică în ore *durata unei zile*. De-a lungul marginii de jos este schițată distanța unghiulară a Soarelui față de ecuatorul bolții cerești. Această distanță, care se măsoară în grade, se numește „declinația” Soarelui. În fine, liniile oblice reprezintă diferite latitudini corespunzătoare punctelor de observare.

Pentru a ne folosi de schemă, trebuie să cunoaștem valoarea distanței unghiulare (declinația) a Soarelui față de ecua-

---

<sup>1</sup> Din inițiativa lui I. I. Perelman, care a propus acest proiect de lege (n. red. sov.).

tor, într-o parte sau în cealaltă, pentru diferitele zile ale anului. Datele respective sînt indicate în tabelul de mai jos.

Vom arăta, prin exemple, cum putem folosi această schemă.

1. Ne propunem să aflăm durata unei zile în mijlocul lunii aprilie la Leningrad (adică la o latitudine de  $60^\circ$ ).

Găsim în tabel declinația Soarelui la mijlocul lui aprilie, adică distanța unghiulară a lui în aceste zile față de ecuatorul bolții cerești :  $+10^\circ$ . Căutăm pe linia de jos a schemei cifra  $10^\circ$  și tragem de aici o dreaptă, perpendiculară pe linia noastră, pînă la punctul de intersecție cu linia oblică, corespunzătoare paralelei  $60$ . Pe marginea stîngă, punctul de intersecție corespunde cu cifra  $14\frac{1}{2}$ , adică durata zilei respective, căutate de noi, este egală cu aproximativ 14 ore și 30 de minute. Am spus „apro-

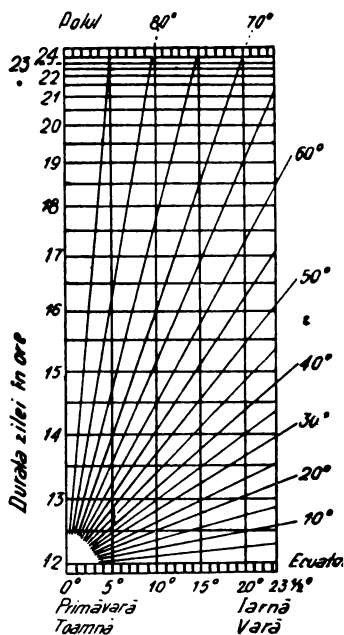


Fig. 8 Schițe pentru determinarea grafică a duratei unei zile. (Amănunte în text.)

Zilele anului	Declinația soarelui	Zilele anului	Declinația soarelui
21 ianuarie	$-20^\circ$	24 iulie	$+20^\circ$
8 februarie	$-15$	12 august	$+15$
23 februarie	$-10$	28 august	$+10$
8 martie	$-5$	10 septembrie	$+5$
21 martie	$0$	23 septembrie	$0$
4 aprilie	$+5$	6 octombrie	$-5$
16 aprilie	$+10$	20 octombrie	$-10$
1 mai	$+15$	3 noiembrie	$-15$
21 mai	$+20$	22 noiembrie	$-20$
22 iunie	$+23\frac{1}{2}$	22 decembrie	$-23\frac{1}{2}$

ximativ", deoarece schema nu ține cont de așa-zisa „refracție atmosferică” (vezi pag. 45, fig. 15).

2. Să se afle durata zilei de 10 noiembrie la Astrahan (latitudinea  $46^\circ$ ).

Declinația Soarelui la 10 noiembrie este egală cu minus  $17^\circ$  (Soarele se află în emisfera de sud a bolții cerești). Proce-

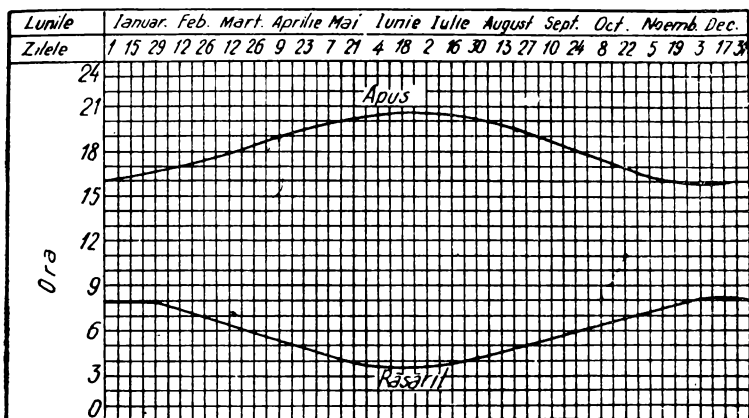


Fig. 9 Graficul răsăritului și apusului Soarelui în decursul anului pentru paralela  $50^\circ$ .

dînd ca mai sus, găsim că această durată corespunde cu  $14\frac{1}{2}$  ore. Deoarece de data aceasta declinația este negativă, cifra pe care am aflat-o nu reprezintă durata zilei, ci a nopții. Durata zilei pe care dorim să o aflăm este egală cu  $24 - 14\frac{1}{2} = 9\frac{1}{2}$  ore.

Mai putem calcula și momentul cînd răsare Soarele. Împărțind  $9\frac{1}{2}$  la 2, obținem 4 ore și 45 minute. Știind că la 10 noiembrie ceasul indică amiaza reală la ora 11 și 43 minute, aflăm momentul cînd răsare Soarele, astfel: ora 11 și 43 minute, minus 4 ore și 45 minute = ora 6 și 58 minute. Apusul Soarelui în aceeași zi va avea loc la 11 și 43 minute plus 4 ore și 45 minute = ora 16 și 28 minute, adică la ora 4 și 28 minute după masă. În acest fel, ambele scheme (fig. 7 și fig. 8), dacă sînt folosite în mod corespunzător, pot înlocui tabelele respective ale anuarului astronomic.

Făcînd uz de metoda expusă aci, veți putea stabili pentru latitudinea locului unde domiciliați un grafic pe tot anul, care să indice orele la care răsare și apune Soarele, precum și durata zilei. Drept model pentru un astfel de grafic vă poate servi schița din figura 9, făcută pentru paralela 50 (graficul a fost întocmit după ora locală, nu după ora oficială). Cercetîndu-l cu atenție, veți înțelege cum trebuie să faceți asemenea grafice. Făcînd o singură schiță pentru latitudinea locului unde vă aflați, veți reuși ca dintr-o singură privire să spuneți cu aproximație la ce oră va răsări sau va apune Soarele în oricare zi a anului.

## Umbre neobișnuite

Desenul din figura 10 pare să fie enigmatic : un om în plin Soare este aproape lipsit de umbră.

Și totuși desenul este făcut după natură, dar nu la latitudinile noastre, ci în apropiere de Ecuator, în clipa cînd Soarele se afla aproape vertical deasupra capului unui om (așa cum se spune, la „zenit“).

La latitudinile noastre Soarele nu se află niciodată la zenit ; o astfel de imagine nu se poate observa la noi. Cînd Soarele de amiază atinge la noi înălțimea cea mai mare (la 22 iunie), el se află la zenitul fiecărui loc situat la granița nordică a zonei toride (pe tropicul Racului — la paralela  $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ). Peste o jumătate de an, la 22 decembrie, Soarele se află la zenitul fiecărui loc situat pe paralela  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  — latitudine sudică (tropicul Capricornului). Între aceste limite, adică în zona tropicală, sînt situate punctele unde Soarele de amiază se află de două ori pe an



Fig. 10 Omul aproape că nu are umbră. Desenul redă o fotografie făcută în apropiere de Ecuator.

la zenit și luminează astfel locul, încât toate obiectele sînt lipsite de umbră.

Figura 11, care reprezintă un om la pol, este fantastică, dar și instructivă. Un om nu poate face umbră concomitent în șase locuri; desenatorul a vrut să arate astfel, în mod

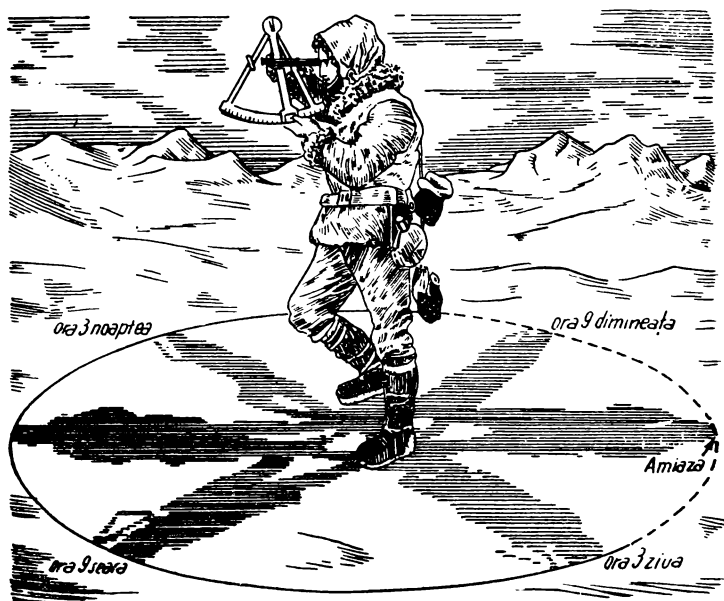


Fig. 11 Umbrele la pol nu-și schimbă lungimea pe parcursul a 24 ore.

demonstrativ, particularitatea originală a Soarelui polar. Umbra pe care o lasă în decursul celor 24 de ore are mereu aceeași lungime. Cauza o constituie faptul că Soarele, la pol, în timp de 24 ore, nu se mișcă în unghi spre orizont, ca la noi, ci aproape paralel cu orizontul. Greșeala desenatorului, însă, este că a făcut umbrele prea scurte în comparație cu înălțimea omului. Dacă umbrele ar avea această lungime, ar însemna că Soarele se află la o înălțime de  $40^\circ$ , lucru imposibil la pol: acolo Soarele nu se ridică niciodată mai sus de  $23\frac{1}{2}^\circ$ . Este ușor să se calculeze — citi-



torul, care cunoaște trigonometrie poate să mă verifice — că umbra cea mai scurtă la pol trebuie să fie cel puțin de 2,3 ori mai lungă decît înălțimea obiectului care o face.

## O problemă despre două trenuri

Două trenuri, absolut identice, merg cu aceeași viteză în direcții opuse (fig. 12) : unul de la est spre vest, celălalt de la vest spre est. Care dintre ele este mai greu ?



Fig. 12 Problemă cu două trenuri.

Cel mai greu (mai bine-zis, care apasă cu mai multă forță pe șine) este cel care merge în direcția opusă rotației Pămîntului, de la răsărit spre apus. Acest tren se mișcă mai încet în jurul axei globului pămîntesc, deoarece, ca urmare a forței centrifuge, el pierde mai puțin din greutatea sa, decît trenul care merge spre răsărit.

Care este diferența ? Să facem un calcul pentru trenurile care merg de-a lungul paralelei  $60^\circ$ , cu o viteză de 72 km/oră sau 20 m/sec. Punctele de pe suprafața pămîntului, aflate la paralela indicată, se mișcă în jurul axei cu o viteză de 230 m/sec. Deci, trenul care merge spre răsărit, în direcția de rotație a Pămîntului, are o viteză circulară de  $230 + 20$ , adică 250 m/sec, iar trenul care merge spre apus, în direcția opusă rotației Pămîntului, are o viteză de 210 m/sec. Acceleerația centrifugă pentru primul este de :

$$\frac{V_1^2}{R} = \frac{25\,000^2}{320\,000\,000} \text{ cm/sec}^2,$$

deoarece raza cercului paralelei de  $60^\circ$  este egală cu 3 200 km.

Pentru al doilea tren, aceeași accelerație este egală cu :

$$\frac{V_2^2}{R} = \frac{21\,000^2}{320\,000\,000} \text{ cm/sec}^2.$$

Diferența dintre accelerațiile centripete ale celor două trenuri este egală cu :

$$\frac{V^2 - V_2^2}{R} = \frac{25\,000^2 - 21\,000^2}{320\,000\,000} \approx 0,6 \text{ cm/sec}^2.$$

Dat fiind că direcția accelerației centripete formează împreună cu direcția gravitației un unghi de  $60^\circ$ , luăm în considerație numai componenta respectivă a accelerației centripete, și anume :  $0,6 \text{ cm/sec}^2 \times \cos 60^\circ = 0,3 \text{ cm/sec}^2$ .

Aceasta reprezintă din accelerația gravitației o fracțiune de  $\frac{0,3}{980}$  sau circa 0,0003.

Prin urmare, trenul care merge spre răsărit este mai ușor decât trenul ce merge în direcția vest cu 0,0003 din greutatea sa. De exemplu, dacă trenul constă dintr-o locomotivă și 45 vagoane de marfă încărcate și cântărește 3 500 t, diferența de greutate va fi egală cu

$$3\,500 \times 0,0003 = 1,05 \text{ t} = 1\,050 \text{ kg}.$$

Pentru un vapor mare, cu un tonaj de 20 000 t, care navighează cu o viteză de 34 km/oră (20 noduri), aceeași diferență ar fi de 3 t. Scăderea în greutate în timpul mersului unei nave spre răsărit trebuie să se răsfrângă asupra indicațiilor barometrului cu mercur. La viteza sus-menționată, înălțimea coloanei de mercur trebuie să fie cu  $0,00015 \times 760$ , adică cu 0,1 mm mai mică pe vasul care merge spre est decât pe vasul care merge spre vest.

Chiar un pieton, care merge pe o stradă a Leningradului de la vest spre est, cu o viteză de 5 km pe oră, devine cu aproximativ 1,5 g mai ușor decât dacă ar merge de la est spre vest.

## Punctele cardinale determinate cu ajutorul ceasului de buzunar

Metoda de a găsi, într-o zi cu soare, punctele cardinale prin intermediul ceasului de buzunar este binecunoscută. Cadranul ceasului se aranjează în așa fel, ca acul său indicator să fie îndreptat spre Soare. Unghiul dintre acest ac și linia de unire a cifrelor 6—12 se împarte în două : biseectoarea va indica în acest caz direcția sud. Nu este greu de înțeles justetea acestei metode. În mișcarea sa de o zi și o noapte, Soarele face înconjurul bolții cerești în 24 ore, iar acul indicator de la ceas face înconjurul cadranului în 12 ore, adică efectuează într-un timp egal un arc de două ori mai mare. Deci, dacă la amiază acul indicator este îndreptat spre Soare, peste un timp oarecare el va depăși Soarele, înscriind cu vârful său un arc dublu prin mărimea lui. Iată de ce, dacă împărțim arcul pe care îl descrie acul indicator al ceasului, astfel ca poziția cadranului să fie cea arătată de noi mai sus, trebuie să găsim pe bolta cerească punctul în care se găsea Soarele la amiază, adică direcția spre sud (fig. 13).

Experiența ne demonstrează, însă, că această metodă este foarte inexactă, dând erori de zeci de grade. Pentru a înțelege de ce lucrurile se petrec astfel, trebuie să cunoști bine metoda recomandată. Cauza principală a inexactității constă în faptul că, în general, cadranul ceasului se așază paralel cu planul orizontului, în timp ce calea pe care o parcurge Soarele în timp de 24 ore are o poziție orizontală numai la pol, iar în dreptul tuturor celorlalte latitudini el formează cu orizontul diferite unghiuri care merg pînă la un unghi drept (la Ecuator). De aceea ne putem orienta fără greș după ceasul de buzunar numai la pol, iar în toate celelalte puncte se comit erori mai mici sau mai mari.

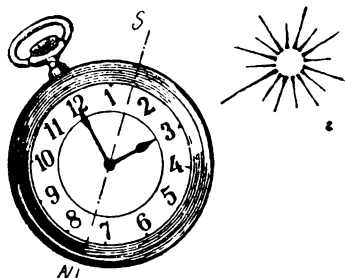


Fig. 13 Metodă simplă, nu prea exactă însă, de stabilire a punctelor cardinale cu ajutorul ceasului de buzunar

Să ne uităm la desenul următor (fig. 14 a). Să zicem că observatorul se află în punctul M, punctul N fiind polul globului pământesc. Cercul HASNRBQ — meridianul ceresc — trece pe la zenitul observatorului și pe la pol. La ce latitudine se află observatorul nu este greu să determinăm; în acest scop este suficient să măsurăm cu raportorul înălțimea polului față de orizontul NR; ea este egală cu latitudinea locului<sup>1</sup>. Privind din punctul M în direcția N,

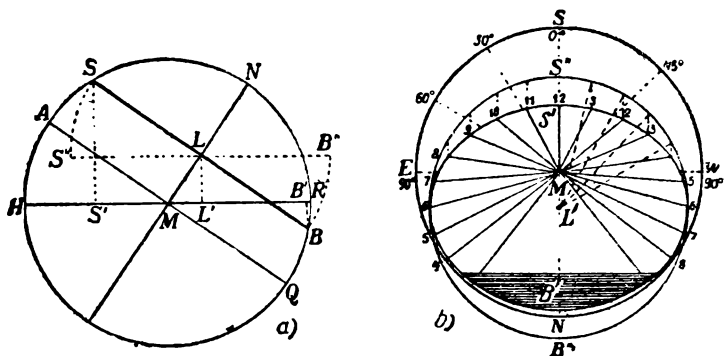


Fig. 14 a și b. Pentru care motiv ceasul de buzunar nu dă indicații precise, dacă îl folosim drept busolă?

observatorul are în față sa punctul sud. Calea parcursă de Soare în 24 ore va fi reprezentată în acest desen printr-o linie dreaptă, din care o parte se găsește deasupra liniei orizontului (calea parcursă de Soare în timpul zilei), iar cealaltă parte este sub linia orizontului (calea parcursă în timpul nopții). Dreapta AQ reprezintă calea pe care o parcurge Soarele în perioada echinocțiilor; după cum vedem, drumul parcurs ziua este egal cu drumul parcurs noaptea.

Dreapta SB reprezintă drumul Soarelui în timpul verii; ea este paralelă cu dreapta AQ, numai că cea mai mare parte a ei se află deasupra liniei orizontului și numai o parte neînsemnată (să ne reamintim nopțile scurte de vară) se află sub linia orizontului. De-a lungul acestor circumferințe Soa-

<sup>1</sup> Explicația la aceasta o găsiți în cartea mea „Geometria distractivă“, la cap. „Geometria Robinsonilor“ (n. a.).

rele parcurge în fiecare ceas a 24-a parte din lungimea lor totală, adică  $\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$ , și totuși la trei ore după amiază Soarele nu este la punctul sud-vest al orizontului, cum ar fi de așteptat ( $15^\circ \times 3 = 45^\circ$ ); cauza diferenței o constituie faptul că proiecțiile arcelor egale, pe care le formează Soarele în drumul său față de planul orizontului, nu sînt egale între ele.

Vom înțelege mai bine acest lucru dacă analizăm figura 14 b. Circumferința SWNE reprezintă orizontul, văzut de la zenit; dreapta SN este meridianul bolții cerești. Observatorul se postează în punctul M; centrul circumferinței descrisă pe cer de Soare în 24 ore se proiectează pe planul orizontului în punctul L' (vezi fig. 14 a); însuși cercul pe care-l parcurge Soarele se proiectează pe planul orizontului prin elipsa S'B'.

Să marcăm proiecțiile punctelor traiectoriei parcurse de Soare, SB, pe planul orizontului. Pentru aceasta să întoarcem cercul SB în așa fel ca să fie paralel cu planul orizontului (poziția S''B'', fig. 14 a), să-l împărțim în 24 părți egale și să-l proiectăm pe planul orizontului. Pentru a marca punctele elipsei S'B' — proiecțiile circumferinței parcurse de Soare pe planul orizontului — din punctele de intersecție ale cercului S''B'' vom trage segmente paralele cu SN. Este limpede că vom obține arce inegale: observatorului i se vor părea și mai inegale, pentru că el nu le privește din centrul L' al elipsei, ci din punctul M, aflat mai într-o parte.

Să urmărim acum în ce măsură ne putem înșela, determinînd după cadranul de la ceas punctele cardinale într-o zi de vară, pentru latitudinea propusă de noi ( $53^\circ$ ). În acest timp, Soarele răsare între orele 3—4 dimineața (linia de delimitare a segmentului hașurat, care reprezintă noaptea). În punctul E la răsărit ( $90^\circ$ ) Soarele nu ajunge la ora 6, cum trebuie să fie după cadran, ci la 7 și jumătate. La  $60^\circ$  de la punctul sud, el nu va fi la ora 8 dimineața, ci la  $9\frac{1}{2}$ ; la  $30^\circ$  de la punctul sud — nu la ora 10, ci la ora 11. La punctul sud-vest ( $45^\circ$  dincolo de S), Soarele nu apare la ora 3 din zi, ci la ora 1 și 40 minute; la vest el nu este la ora 6 seara, ci la ora  $4\frac{1}{2}$  din zi.

Dacă adăugăm la toate acestea faptul că ora oficială, pe care o indică ceasul de buzunar, nu coincide cu ora solară

locală reală, inexactitatea determinării punctelor cardinale trebuie să fie și mai accentuată.

Prin urmare, cu toate că ceasul de buzunar poate servi drept busolă, precizia cu care o face este foarte discutabilă. O astfel de busolă greșește în măsură mai mică în perioada echinocțiilor (cînd observatorul nu mai are o poziție excentrică) și în timpul iernii.

## Noapți albe și zile negre

La mijlocul lunii aprilie, Leningradul intră în perioada nopților albe — în perioada aceluși „amurg străveziu” și a acelei „luminozități fără lună” — la a căror priveliști fantastice au luat naștere atîtea inspirații poetice. Tradițiile literare au legat într-atîta nopțile albe din Leningrad, încît mulți ar fi gata să le considere drept o particularitate caracteristică exclusiv a Leningradului. În realitate nopțile albe, ca fenomen astronomic, sînt caracteristice pentru toate locurile aflate mai sus de o anumită latitudine.

Dacă am lăsa la o parte poezia și ne-am adresa prozei astronomice privitoare la acest fenomen, am vedea că noaptea albă nu este altceva decît contopirea amurgului serii cu zorile dimineții. Alexandr Sergheievici Pușkin a determinat just esența acestui fenomen, definindu-l ca unire a amurgului cu zorile.

„Și nelăsînd ca negrul nopții să se aștearnă peste cer,

Zori blînde ale dimineții iau locul altor zori, ce pier...”

La acele latitudini unde Soarele, în drumul său aparent de-a lungul bolții cerești, se lasă sub linia orizontului — dar nu peste  $17\frac{1}{2}^{\circ}$  — acolo amurgul serii nu apucă să dispară, căci zorile dimineții l-au și înlocuit, fără a mai da răgaz nopții nici măcar o jumătate de oră.

Bineînțeles, nici Leningradul și nici vreun alt loc nu se bucură de privilegiul de a fi singurul punct unde se observă acest fenomen. Limita zonei nopților albe s-a calculat pe cale astronomică, constatîndu-se că unirea amurgului cu zorile se observă mult mai la sud de paralela Leningradului.

Moscoviții se pot de asemenea desfăta cu priveliștea nopților albe, începînd aproximativ de la mijlocul lunii mai

pînă la sfîrșitul lui iulie. Aici ele nu sînt atît de luminoase ca la Leningrad în aceeași perioadă ; totuși nopțile albe *de mai* ale Leningradului pot fi observate la Moscova în tot cursul lunii iunie și la începutul lui iulie.

Limita sudică a zonei nopților albe trece prin U.R.S.S. la latitudinea Poltavei, adică la  $49^{\circ}$  latitudine nordică ( $66\frac{1}{2}$ — $17\frac{1}{2}$ ). Aici are loc o noapte albă pe an, și anume la 22 iunie. Pornind spre nord de la această latitudine, nopțile albe devin tot mai luminoase, iar perioada lor mai îndelungată. Nopți albe sînt ôi la Kuibîșev, la Kazan, Pskov, Kirov și la Eniseisk ; deoarece, însă, aceste puncte se află mai jos de Leningrad, perioada nopților albe este mai scurtă aici (de ambele părți ale datei de 22 iunie) și nu ating luminozitatea respectivă. În schimb, la Pudoj ele sînt mai luminoase ca la Leningrad, iar la Arhanghelsk, oraș situat în apropierea zonei unde Soarele nu apune, nopțile sînt și mai luminoase. Nopțile albe ale Stockholmului nu se deosebesc cu nimic de cele ale Leningradului.

Cînd partea de jos a drumului parcurs de Soare în 24 de ore nu se lasă de loc sub limita orizontului, ci alunecă ușor pe lîngă aceasta, nu are loc doar o contopire a amurgului cu zorile, ci ziua precedentă este urmată de o nouă zi ; avem o zi continuă. Acest fenomen poate fi observat pentru prima oară la  $65^{\circ}42'$  latitudine ; aici începe împărăția Soarelui nocturn. Mai la nord — începînd de la  $67^{\circ}24'$  — se poate vedea de asemenea și o noapte continuă, contopirea zorilor cu amurgul, *în clipa amiezei*, și nu în clipa miezului nopții. Aceasta este „ziua neagră“, antipodul nopții albe, deși gradul lor de luminozitate este același. Țara zilelor negre este și țara Soarelui nocturn ; aceste fenomene însă se petrec în două perioade diferite ale anului. Acolo unde în luna iunie<sup>1</sup> Soarele nu apune de loc, în decembrie domnește întunericul zile și nopți de-a rîndul, datorită faptului că Soarele nu răsare.

---

<sup>1</sup> În golful Ambarcik Soarele nu trece peste linia orizontului de la 19 mai pînă la 26 iunie, iar în apropierea golfului Tixi — de la 12 mai pînă la 1 august (n. a.).

## Alternanța întunericului și luminii

Noapțile albe sînt o dovadă grăitoare a faptului că imaginea noastră, formată din copilărie, cu privire la schimbul egal între noapte și zi pe Pămînt, cuprinde prea simplist ansamblul acestei alternanțe. În realitate alternanța periodică a luminii și întunericului pe planeta noastră este cu totul alta și nu se poate încadra în schema obișnuită a zilei și a nopții. Din acest punct de vedere am putea să împărțim sfera locuită de noi în 5 zone, în care alternanța luminii și a întunericului are loc în chip diferit pentru fiecare din ele.

Prima zonă — dacă pornim de la Ecuator spre ambii poli — se întinde pînă la paralela  $49^\circ$ ; aici, și numai aici, *fiecare interval de 24 ore constă dintr-o zi deplină și o noapte deplină*.

A doua zonă, între  $49-65\frac{1}{2}^\circ$ , care include toate localitățile Uniunii Sovietice mai sus de paralela Poltavei, în jurul solstițiului de vară se caracterizează printr-un amurg continuu; aceasta este *zona nopților albe*.

În cea de-a treia zonă, între  $65\frac{1}{2}^\circ$  și  $67\frac{1}{2}^\circ$ , în jurul lui 22 iunie Soarele nu apune cîteva zile în șir; aceasta este *zona Soarelui nocturn*.

Pentru zona a patra, între  $67\frac{1}{2}-83\frac{1}{2}^\circ$ , este caracteristică, pe lîngă o zi continuă în luna iunie și o noapte permanentă, care durează zile de-a rîndul, în decembrie; în această din urmă perioadă, Soarele nu răsare cîteva zile în șir; zorile și amurgul înlocuiesc ziua. Aceasta este *zona zilelor negre*.

Cazul cel mai complicat de alternare a luminii cu întunericul îl întîlnim în cea de-a cincea zonă, la nord de  $83\frac{1}{2}^\circ$ . Breșa, pe care o fac nopțile albe ale Leningradului în alternarea zilei și a nopții, atinge aici apogeul în ce privește deosebirea față de alternarea obișnuită. O întreagă jumătate de an, de la solstițiul de vară la solstițiul de iarnă, adică de la 22 iunie pînă la 22 decembrie, se împarte în 5 perioade, în 5 anotimpuri ale anului, dacă vreți. În cursul primei perioade este zi continuă; în cursul perioadei a doua ziua se alternează cu amurgul în jurul miezului nopții; nopți depline nu există însă (nopțile de vară de la Leningrad sînt o asemănare palidă ale nopților noastre); în perioada a treia este un amurg continuu, zile sau nopți depline nu există;



în cursul perioadei a patra acest amurg continuu se întunecă aproape de miezul nopții și se transformă în noapte deplină ; în sfârșit în perioada a cincea domnește noaptea totală. În a doua jumătate a anului, aceleași fenomene se repetă în ordine inversă.

De cealaltă parte a Ecuatorului, în emisfera sudică, la latitudinile geografice respective, se observă bineînțelese aceleași fenomene.

Dacă nu auzim nimic despre nopțile albe ale „sudului îndepărtat“, este numai pentru motivul că acolo se întinde oceanul.

Paralela care corespunde în emisfera de sud latitudinii Leningradului nu traversează nici un petic de pământ ; ea se întinde în întregime peste ocean ; numai marinarii care navighează în apele emisferei sudice pot contempla „nopțile albe din sud“.

## Enigma Soarelui polar

### Problemă

Cei care au fost în regiunile polare au remarcat o interesantă particularitate a razelor Soarelui. Acestea încălzesc acolo pământul foarte slab, în schimb acționează cu o putere neașteptată asupra tuturor obiectelor care au poziție verticală.

Se încălzesc simțitor pantele abrupte ale stîncilor, precum și pereții caselor, munții de gheață se topesc cu repeziciune, smoala de la bordul vaselor din lemn se înmoaie, pielea feței se bronzează etc.

Cum se explică această acțiune a razelor Soarelui polar asupra obiectelor aflate în poziție verticală ?

### Răspuns

Întîlnim aici consecința neașteptată a unei legi fizice, care spune că acțiunea razelor este cu atît mai mare cu cît ele cad mai vertical pe suprafața unui obiect. În regiunile

polare, chiar în timpul verii, Soarele nu se ridică prea sus ; înălțimea lui dincolo de cercul polar nu poate depăși o jumătate dintr-un unghi drept, iar la latitudinile înalte ea este cu mult sub mărimea unei jumătăți de unghi drept.

Este ușor de înțeles că, dacă razele Soarelui formează cu o suprafață orizontală un unghi mai mic decât jumătatea unui unghi drept, cu o linie verticală aceste raze trebuie să formeze un unghi mai mare decât jumătatea unui unghi drept ; cu alte cuvinte, să cadă destul de drept pe suprafețe verticale.

Acum este limpede motivul pentru care razele Soarelui polar încălzesc slab pământul ; pentru aceleași motive ele trebuie să încălzească puternic obiectele în poziție verticală.

### Cînd încep anotimpurile anului

Dacă la 21 martie viscolește cu putere, dacă afară e ger sau, dimpotrivă, dacă a început dezhgețul, această zi se consideră, în emisfera nordică sfîrșit de iarnă și început de primăvară — primăvara astronomică. Mulți nu înțeleg de ce tocmai data de 21 martie (în unii ani — 22) a fost aleasă drept piatră de hotar între iarnă și primăvară, deși în această perioadă ar putea să fie un ger de crapă pietrele, sau, invers, de mult să se fi încălzit timpul.

Adevărul este că începutul primăverii nu-l determină cîtuși de puțin vremea capricioasă și schimbătoare din perioada respectivă. Însuși faptul că începutul primăverii este marcat de una și aceeași zi pentru toate locurile din emisfera respectivă a Pământului trebuie să ne indice faptul că variațiunile meteorologice nu au o importanță hotărîtoare în această chestiune. Nu este posibil ca pe o întregă emisferă a globului pămîntesc vremea să fie aceeași !

La stabilirea termenelor de delimitare a anotimpurilor anului, astronomii nu se ghidează după fenomene meteorologice, ci după cele astronomice ; se ghidează după înălțimea soarelui la amiază și durata zilei, în funcție de această înălțime. Vremea bună sau vremea rea sînt elemente de circumstanță.

Ziua de 21 martie se deosebește de celelalte zile ale anului prin faptul că în acest timp hotarul luminii și al umbrei

trece exact prin cei doi poli geografici ai Pământului. Luând în mîini un glob și ținîndu-l într-o anumită poziție în fața lămpii, vă veți convinge că hotarul luminii trece de-a lungul meridianului pămîntesc, tăind Ecuatorul și toate circumferințele paralelelor în unghi drept. În această poziție faceți o mișcare de rotație a globului în jurul axei sale, în lumina lămpii; fiecare punct de pe suprafața globului va descrie un cerc, din care exact o jumătate va sta în lumină, iar cealaltă jumătate va sta în întuneric. Aceasta înseamnă că la o anumită dată a anului durata zilei este egală cu durata nopții. În această perioadă, egalitatea zilei și a nopții se observă pe întreg globul pămîntesc, de la Polul Nord la Polul Sud. Și pentru că în acea perioadă ziua are 12 ore — jumătate din cele 24 ore — Soarele răsare pretutindeni la ora 6 și apune la ora 18 (firește ora locală).

Prin urmare, aceasta este particularitatea datei de 21 martie: ziua și noaptea sînt atunci egale pe întreg cuprinsul planetei noastre. Denumirea astronomică a acestui moment deosebit este de „echinocțiul de primăvară“. I se spune de primăvară, pentru că acest echinocțiu nu este singurul dintr-un an. După o jumătate de an, la 23 septembrie, se repetă momentul egalității dintre zi și noapte, așa-numitul „echinocțiu de toamnă“, care marchează sfîrșitul verii și începutul toamnei. Cînd în emisfera de nord este echinocțiu de primăvară, de partea cealaltă a Ecuatorului, în emisfera de sud, este echinocțiu de toamnă și invers. De o parte a Ecuatorului, locul iernii îl ia primăvara, iar de cealaltă parte, locul verii îl ia toamna. Anotimpurile anului din emisfera nordică nu coincid cu cele din emisfera sudică.

Să urmărim, de asemenea, cum variază în timpul anului durata relativă a unei zile și a unei nopți. Începînd din ziua echinocțiului de toamnă, adică 23 septembrie, în emisfera nordică ziua începe să devină mai mică decît noaptea. Această situație durează o jumătate de an și în această perioadă zilele se micșorează la început, pînă la 22 decembrie, iar apoi cresc, pînă la 21 martie, cînd ziua se egalează cu noaptea. Din acest moment, în tot timpul jumătății de an următoare, în emisfera nordică ziua este mai mare ca noaptea. Zilele cresc pînă la 22 iunie, după care dată încep să se micșoreze, rămînînd trei luni mai lungi ca

noaptea ; ele se egalează din nou cu noaptea numai în momentul echinocțiului de toamnă (23 septembrie).

Cele patru date menționate mai sus determină începutul și sfârșitul anotimpurilor astronomice ale anului. Deci, pentru locurile din emisfera nordică, aceste date au ordinea următoare :

21 martie — ziua egală cu noaptea — începutul primăverii.

22 iunie — cea mai lungă zi — începutul verii.

23 septembrie — ziua egală cu noaptea — începutul toamnei.

22 decembrie — ziua cea mai scurtă — începutul iernii.

De cealaltă parte a Ecuatorului, în emisfera sudică, primăvara la noi coincide acolo cu toamna, vara la noi cu iarna acolo etc.

În încheiere punem cititorului câteva întrebări, iar răspunsul pe care va trebui să-l găsească îl va ajuta să clarifice mai bine și să-și fixeze în memorie cele spuse de noi :

1. În ce loc de pe globul pământesc ziua este egală cu noaptea în tot cursul anului ?

2. La ce oră (după ora locală) va răsări Soarele la Tașkent la 21 martie 1960 ? La ce oră va răsări el în aceeași zi la Tokio ? La Buenos-Aires ?

3. La ce oră (după ora locală) va răsări Soarele la Novosibirsk în ziua de 23 septembrie a.c. ? Dar la New York ? La Capul Bunei Speranțe ?

4. La ce oră răsare Soarele la punctele Ecuatorului în ziua de 2 august ? Dar la 27 februarie ?

5. Se întâmplă ca în luna iulie să fie ger, iar în luna ianuarie arșiță ? <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Răspuns la întrebări : 1. La Ecuator întotdeauna ziua este egală cu noaptea, deoarece hotarul luminii împarte Ecuatorul în două părți egale, indiferent de poziția globului pământesc. 2 și 3. În zilele echinocțiilor, pe întreg pământul, Soarele răsare la ora 6 și apune la ora 18, după ora locală. 4. La Ecuator, în toate zilele anului, Soarele răsare la ora 6 (ora locală). 5. La latitudinile medii ale emisferei sudice, gerul în iulie și arșița în ianuarie sînt fenomene obișnuite.

Adeseori un lucru prea banal se explică mai greu decît un *lucru neobișnuit*. Particularitățile sistemului de calcul zecimal, pe care ni-l însușim din copilărie, îl constatăm numai atunci cînd încercăm să ne imaginăm cifrele într-un alt sistem, de pildă într-un sistem cu baza șapte sau cu baza doisprezece. Esența geometriei euclidiene o pătrundem cînd începem să studiem geometria neeuclidiană. Pentru a înțelege cum trebuie rolul pe care-l are în viața noastră forța gravitației, trebuie să ne-o închipuim mult mai mare sau mult mai mică ca în realitate. Vom proceda astfel, cînd va fi vorba despre gravitate. Acum, însă, ne vom folosi și de metoda „dacă“, pentru a vedea mai limpede condițiile de mișcare a Pămîntului în jurul Soarelui. Să pornim de la principiul învățat în școală că axa Pămîntului formează cu planul orbitei Pămîntului un unghi de  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  (circa  $\frac{3}{4}$  dintr-un unghi drept). Veți pricepe mai bine acest lucru, dacă o să vă închipuiți că unghiul de înclinație nu ar fi acesta, ci, de pildă, chiar un unghi drept. Cu alte cuvinte, închipuiți-vă că axa Pămîntului este perpendiculară pe planul orbitei, așa cum visau să o facă membrii *Clubului tunarilor* în romanul de aventuri fantastice al lui Jules Verne, „*De la Pămînt la Lună*“. Ce schimbări ar produce această împrejurare în starea de fapt a naturii?

Dacă axa Pămîntului ar fi perpendiculară  
pe planul orbitei

Prin urmare, să ne imaginăm că intenția artileriștilor lui Jules Verne „de a îndrepta axa Pămîntului“ s-ar fi realizat și că axa formează un unghi drept cu planul orbitei pe care se mișcă planeta noastră în jurul Soarelui. Ce schimbări am observa în natură?

În primul rînd, Steaua Polară actuală — alfa Ursei Mici — ar înceta de a mai fi polară. Prelungirea axei Pămîntului nu ar mai trece prin apropierea ei, iar bolta cerească ar începe să se rotească în jurul unui alt punct de pe cer.

În al doilea rînd s-ar schimba cu desăvîrșire alternanța anotimpurilor anului ; s-ar schimba în sensul că această alternanță nu ar mai avea loc în genere.

Ce anume condiționează alternanța anotimpurilor anului ? De ce vara este mai cald ca iarna ? Nu ne vom eschiva de a da răspuns la această întrebare banală. În școală, explicațiile ce se dau în această privință sînt departe de a fi complete, iar mai tîrziu majoritatea oamenilor nu au răgaz să se ocupe de ele.

În cursul verii, timpul se încălzește în emisfera nordică mai întîi pentru motivul că, datorită înclinației axei Pămîntului, a cărei extremitate nordică în acest anotimp este îndreptată mai mult către Soare, zilele devin lungi și nopțile scurte. Soarele încălzește mai mult timp solul, iar în cursul nopții pămîntul nu apucă să se răcească ; debitul de căldură crește, iar consumul ei scade. Al doilea motiv îl constituie aceeași înclinație a axei spre Soare, din care cauză acesta din urmă „trece” pe bolta cerească la o înălțime mare, razele lui atingînd Pămîntul dintr-un unghi mai mare. Deci, în timpul verii, nu numai că Soarele încălzește *timp mai îndelungat*, dar căldura lui ajunsă pe sol *este și în cantitate mai mare*. Iarna, dimpotrivă, Soarele încălzește un timp mai *scurt* și în același timp cantitatea de căldură ajunsă pe sol este mică ; răcirea din cursul nopții are o durată mai lungă.

În emisfera sudică, aceleași fenomene au loc cu șase luni mai tîrziu (sau, dacă vreți, mai devreme). În primăvară și toamnă ambii poli dețin aceeași poziție față de razele Soarelui, cerul care desparte lumina de umbră coincide aproape cu meridianele ; zilele și nopțile sînt aproximativ egale ; se creează condițiile climaterice intermediare între iarnă și vară.

Ar mai avea loc aceste schimbări dacă axa Pămîntului ar fi perpendiculară pe planul orbitei ? Desigur că nu, deoarece globul pămîntesc ar avea mereu aceeași poziție față de razele Soarelui și în fiecare punct de pe Pămînt, în tot cursul anului, ar domni același sezon. Care anume ? Pentru zona polară și zona temperată îl putem numi primăvară, deși în aceeași măsură se poate numi și toamnă. Oricînd și oriunde zilele ar fi egale nopților, așa cum se întîmplă numai în jurul datei de 20 a lunilor martie și septembrie. (În condiții aproximativ aceleași se află planeta Jupiter ;

axa ei de rotație este aproape perpendiculară față de planul orbitei pe care ea o descrie în jurul Soarelui.)

Aceasta ar fi clima în zona temperată. În zona tropicală, deosebirile climatice nu ar fi prea deosebite de cele de azi; la poli, dimpotrivă, aceste deosebiri ar fi mult mai accen-

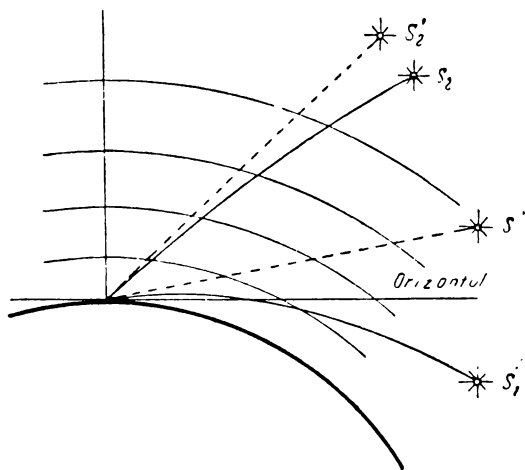


Fig. 15 Refracția atmosferică. Raza emisă de soarele  $S_2$  trecind prin atmosfera Pământului, suferă o deviație în fiecare strat al ei și se abate din drum, fapt în urma căruia nouă ni se pare că raza pornește din punctul  $S_2'$ , aflat mai sus. Deși soarele  $S_1$  a coborât de mult sub orizont, datorită refracției, noi îl mai vedem.

tuat. Aici, datorită refracției atmosferice, Soarele, care s-ar menține cu puțin deasupra orizontului (fig. 15), nu ar apune niciodată și în tot timpul anului s-ar vedea la orizont. Am avea aici o zi permanentă, sau, mai bine-zis, un permanent început de zi. Deși căldura iradiată de razele Soarelui la această înălțime este neînsemnată, totuși, pentru că încălzirea s-ar produce tot timpul anului fără întrerupere, clima aspră polară s-ar îndulci simțitor. Iată singurul avantaj de pe urma schimbării unghiului de înclinare al axei, avantaj necompensat însă în raport cu prejudiciile pe care le-ar suporta celelalte regiuni ale globului pământesc.

Dacă axa Pământului ar avea o înclinație de  $45^\circ$   
față de planul orbitei

Să facem o nouă schimbare în imaginația noastră : să atribuim axei Pământului o înclinație egală cu o jumătate de unghi drept. În perioada echinocțiilor (în preajma lui 21 martie și 23 septembrie), alternarea zilei și a nopții pe Pământ ar avea loc ca și acum. În iunie însă, Soarele ar trece la zenit la paralela  $45^\circ$  (nu la paralela  $23\frac{1}{2}^\circ$ ). Această latitudine ar avea rolul tropicelor. La latitudinea Leningradului ( $60^\circ$ ), Soarele s-ar afla la o depărtare de numai  $15^\circ$  de zenit ; înălțimea Soarelui ar fi într-adevăr ca la tropice ! Zona tropicală s-ar învecina direct cu zona polară, în timp ce zona temperată nu ar exista de loc.

La Moscova, la Harkov ar domni în toată luna iunie zi continuă, în timp ce iarna, dimpotrivă, zeci de zile la rând ar fi nopți polare la Moscova, Kiev, Harkov, Poltava. Zona tropicală în acest timp s-ar transforma în zonă temperată, deoarece în aceste puncte Soarele la amiază nu ar depăși un unghi de  $45^\circ$ .

Firește, zona tropicală ar pierde mult de pe urma acestei schimbări, ca de altfel și cea temperată. În schimb regiunea polară și de data aceasta ar câștiga câte ceva : după o iarnă extrem de aspră (mai aspră ca acum) ar veni o perioadă de vară cu o temperatură destul de ridicată, timp în care, chiar la pol, Soarele ar fi la amiază la o înălțime de  $45^\circ$  și ar lumina mai mult ca o jumătate de an. Ghețarii veșnici ai Arcticii ar ceda în mare măsură în fața acțiunii beneficătoare a razelor Soarelui.

Dacă axa Pământului ar fi cuprinsă în planul orbitei

A treia experiență în imaginația noastră este de a ne reprezenta axa Pământului în planul orbitei lui (fig. 16). Pământul va înconjura Soarele „culcat“, rotindu-se în jurul axei sale, astfel cum se rotește îndepărtatul Uranus — și el membru al familiei sistemului nostru. Care va fi rezultatul ?

În apropiere de poli, vreme de o jumătate de an ar fi zi continuă, în care timp Soarele s-ar ridica în spirală de la



orizont și pînă la zenit, coborînd din nou spre orizont tot în spirală ; iar cealaltă jumătate de an ar fi noapte continuă. Între aceste două anotimpuri ar fi o perioadă de amurg permanent, care ar dura mai multe zile. Înainte de a apune la orizont, Soarele ar face, timp de cîteva zile, înconjurul bolții cerești, mergînd chiar pe linia orizontului. Într-o astfel de vară, ghețurile acumulate în tot timpul iernii trebuie să se topească în întregime.

În zonele de mijloc, o dată cu venirea primăverii, zilele ar începe să crească brusc, urmînd apoi o perioadă de zi continuă. Această zi continuă ar începe la un interval de aproximativ atîtea zile, la cîte grade distanță s-ar afla locul respectiv față de pol, iar durata ei ar fi egală cu un număr de zile reprezentînd dublul latitudinii locului respectiv.

Pentru Leningrad, de pildă, ziua continuă ar începe după 30 de zile de la 21 martie și ar dura 120 de zile. Cu 30 de zile înainte de 23 septembrie ar începe din nou nopțile. Iarna ar avea loc procesul invers ; perioada de zi continuă ar fi înlocuită cu o perioadă egală de noapte continuă. Numai la Ecuator ziua ar fi mereu egală cu noaptea.

Așa cum am menționat mai sus, axa planetei Uranus deține aproximativ aceeași poziție față de planul orbitei sale : înclinația axei acestei planete față de orbita pe care se mișcă în jurul Soarelui este egală doar cu  $8^\circ$ . Se poate spune că Uranus se învîrtește în jurul Soarelui în poziție „culcată”.

După acești trei de „dacă”, probabil că cititorul vede mai limpede legătura strînsă dintre condițiile climaterice și înclinația axei Pămîntului. Nu întîmplător cuvîntul „climat” în grecește înseamnă „înclinare”.

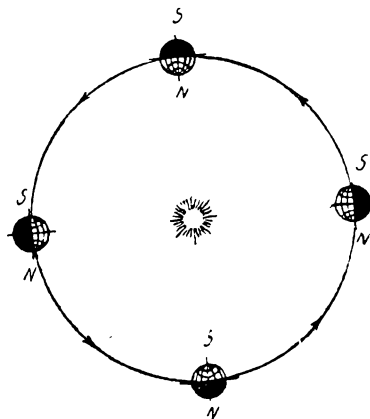


Fig. 16 Cum s-ar mișca globul pămîntesc în jurul Soarelui, dacă axa de rotație a Pămîntului s-ar găsi în planul orbitei sale.

Să luăm acum o altă latură a mișcării planetei noastre — forma orbitei sale. Ca și celelalte planete, Pământul se supune primei legi a lui Kepler : se mișcă pe o elipsă, într-unul din focarele căreia se află Soarele.

Dar ce fel de elipsă este cea pe care se mișcă globul pământesc? Se deosebește oare mult de un cerc?

În manualele și cărțile de astronomie pentru începători, orbita Pământului este redată adeseori în perspectivă, sub

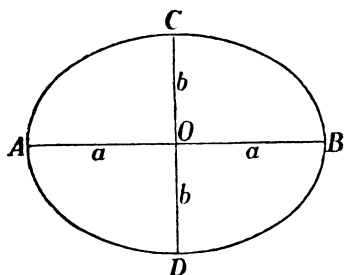


Fig. 17 Elipsa și axele sale — axa mare (AB) și axa mică (CD).  
Punctul O — centrul elipsei.

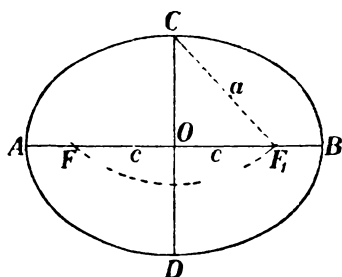


Fig. 18 Cum pot fi găsite focarele elipsei.

forma unei elipse destul de turtite. Această imagine vizuală, greșit înțeleasă, se întipărește la mulți pentru toată viața : aceștia rămân cu convingerea că orbita Pământului are o formă de elipsă vizibil turtită. Nu este așa. Orbita Pământului se deosebește atât de puțin de un cerc, încât nici nu poate fi redată pe hîrtie altfel decît sub formă de cerc. Avînd un desen cu o orbită a cărei axă mare este de un metru, abaterea figurii de la forma de cerc ar fi mai mică decît grosimea liniei cu care este redată. O astfel de elipsă ar putea fi greu deosebită de un cerc chiar de ochiul expert al unui pictor.

Să ne inițiem puțin în geometria unei elipse. În figura 17, dreapta AB reprezintă „axa mare“ a elipsei, CD — „axa mică“. Orice elipsă are, în afară de centrul O, două puncte caracteristice — „focarele“ — plasate simetric pe axa mare, de ambele părți ale centrului. Focarele se identifică în felul următor (fig. 18) : se ia cu compasul o distanță egală cu

jumătătea axei mari (OB) și, fixînd vîrful la capătul C al axei mici, se descrie un cerc care întretaie axa mare. Punctele de intersecție F și F' sînt focarele elipsei. Distanțele OF și OF' (egale între ele) le însemnăm obișnuit cu litera c, iar axele — mare și mică — cu 2a și 2b. Distanța „c”, raportată la lungimea „a” a jumătății axei mari, adică fracția  $c/a$  servește drept măsură de turtire a elipsei și se numește „excentricitate”. Cu cît o elipsă se deosebește mai mult de un cerc, cu atît e mai mare excentricitatea ei.

Ne vom forma o imagine exactă despre forma orbitei Pămîntului, dacă vom afla care este excentricitatea ei. Acest lucru poate fi stabilit fără a determina dimensiunile orbitei. Într-adevăr, Soarele, găsindu-se într-unul din focarele orbitei, dimensiunile sale ni se par diferite, din cauza distanței inegale dintre punctele de pe orbită și focar. Dimensiunile aparente ale Soarelui, cînd cresc, cînd se micșorează, și desigur că raportul dimensiunilor corespunde exact cu raportul distanțelor dintre Pămînt și Soare în momentele de observare. Admitem că Soarele se află în focarul  $F_1$  al elipsei (fig. 18). Pămîntul se găsește în punctul A al orbitei în jurul lui 1 iulie, cînd vedem discul Soarelui cu diametrul minim; mărimea lui unghiulară este de  $31'28''$ . În punctul B, Pămîntul se află în jurul lui 1 ianuarie, și atunci vedem discul Soarelui în mărimea lui unghiulară maximă:  $32'32''$ . Să facem proporția :

$$\frac{31'28''}{32'32''} = \frac{BF_1}{AF_1} = \frac{a-c}{a+c}$$

care se poate transforma în așa-zisa proporție echivalentă :

$$\frac{a-c-(a+c)}{a+c+(a-c)} = \frac{31'28''-32'32''}{32'32''+31'28''}$$

sau

$$\frac{64''}{64'} = \frac{c}{a}$$

Deci,

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{60} = 0,017.$$

adică excentricitatea orbitei Pămîntului este egală cu 0,017. După cum vedeți, este suficient să măsurăm cu atenție discul vizibil al Soarelui, pentru a stabili forma orbitei Pămîntului.

Să demonstrăm acum că orbita Pământului se deosebește prea puțin de un cerc. Să ne închipuim că am schițat-o într-un desen uriaș, astfel ca jumătatea axei mari a orbitei să fie egală cu un metru. Ce lungime va avea cealaltă axă — axa mică — a elipsei? În triunghiul dreptunghi  $OCF_1$  (fig. 18) avem

$$c^2 = a^2 - b^2, \text{ sau } \frac{c^2}{a^2} = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

Dar  $\frac{c}{a}$  este excentricitatea orbitei Pământului, adică  $\frac{1}{60}$ . Expresia  $a^2 - b^2$  o înlocuim cu  $(a-b)(a+b)$ , iar  $(a+b)$  o înlocuim cu  $2a$ , deoarece  $b$  se deosebește prea puțin de  $a$

$$\text{Avem } \frac{1}{60^2} = \frac{2a(a-b)}{a^2} = \frac{2(a-b)}{a}$$

prin urmare :

$$a - b = \frac{a}{2 \times 60^2} = \frac{1\,000}{7\,200}, \text{ adică mai puțin de } 1/7 \text{ mm.}$$

Am aflat că, pe un desen de proporții atît de mari, diferența de lungime între jumătatea axei mari și jumătatea axei mici nu depășește  $1/7$  mm. O linie subțire, trasă cu creionul, are o grosime mai mare. Deci, în mod practic, nu facem nici o greșală dacă desenăm orbita Pământului sub formă de cerc.

Unde trebuie să așezăm Soarele pe un astfel de desen? Cît trebuie să-l deplasăm față de centru, pentru ca să se afle în focarul orbitei? Cu alte cuvinte, cu ce este egală distanța  $OF$  sau  $OF_1$  pe desenul nostru imaginar?

Calculul este simplu :

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{60}, c = \frac{a}{60} = \frac{100}{60} = 1,7 \text{ cm}$$

Pe desen, centrul Soarelui trebuie să se afle la o distanță de 1,7 cm de centrul orbitei. Deoarece, însă, Soarele însuși trebuie să aibă forma unui disc cu un diametru de 1 cm, numai ochiul experimentat al unui pictor ar putea să constate că el nu se găsește în centrul cercului.

Din cele spuse, concluzia practică este că putem schița orbita Pământului în formă de cerc, plasînd Soarele ceva mai la o parte de centru.

Ar putea această neînsemnată asimetrie în poziția Soarelui să influențeze condițiile climatice ale Pământului? Spre a elucida problema, să efectuăm în imaginația noastră o nouă experiență și să recurgem la metoda „dacă”. Să admitem că excentricitatea orbitei Pământului a crescut la o mărime apreciabilă — de pildă la 0,5. Înseamnă că focarul elipsei împarte în două jumătatea axei sale; o astfel de elipsă va avea un grad de turtire egal cu al unui ou de găină. Niciuna din orbitele principalelor planete din sistemul solar nu are o excentricitate atât de pronunțată; orbita lui Pluton, cea mai turtită, are excentricitatea 0,25 (asteroizii și cometele, însă, se mișcă pe elipse mult mai turtite).

Dacă orbita Pământului ar fi mai turtită

Să ne imaginăm că orbita Pământului este mai turtită și că focarul împarte în două părți jumătatea axei sale mari. În figura 19 se arată această nouă orbită. Cum am mai spus, Pământul se află la 1 ianuarie în punctul A, mai aproape de Soare, iar la 1 iulie în punctul B, mai departe de Soare. Dat fiind că FB este de trei ori mai mare ca FA, în ianuarie distanța dintre Soare și noi ar fi de trei ori mai mică ca în iulie. Diametrul din ianuarie al Soarelui ar fi de trei ori mai mare ca cel din iulie, iar cantitatea de căldură iradiată în ianuarie ar fi de 9 ori mai mare ca în iulie (invers proporțional cu pătratul distanței). Ce s-ar alege atunci din iarna noastră nordică? Soarele ar sta jos pe bolta cerească, zilele ar fi mai scurte, iar nopțile mai lungi. Frig nu ar fi însă, deoarece apropierea Soarelui ar compensa cu vîrf și îndesat condițiile nefavorabile de iluminare.

La aceasta se mai adaugă circumstanțele ce decurg din cea de-a doua lege a lui Kepler, care spune că suprafețele descrise de raza vectoare în intervale de timp egale sînt egale între ele.

„Raza-vectoare” a orbitei este linia dreaptă care unește Soarele cu o planetă, în cazul nostru cu Pământul. O dată cu deplasarea Pământului pe orbită se mișcă și raza vectoare, descriind în acest timp o anumită suprafață: legea a doua a lui Kepler stabilește că părțile din suprafața elipsei des-

crise în intervale de timp egale sînt egale între ele. În punctele apropiate de Soare, Pămîntul ar trebui să se miște pe orbită mai repede decît în punctele mai îndepărtate: altfel, suprafața descrisă de o rază vectoare scurtă nu ar putea fi egală cu o suprafață formată de o rază vectoare mai lungă (fig. 20).

Aplicînd cele spuse la orbita imaginată de noi, conchidem că în perioada decembrie-februarie, cînd Pămîntul se află

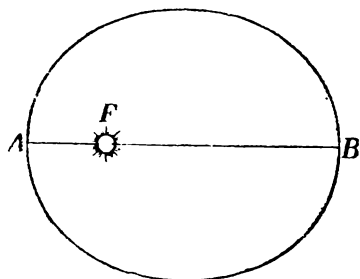


Fig. 19 Forma pe care ar avea-o orbita Pămîntului dacă excentricitatea ei ar fi egală cu 0,5. În focarul F se află Soarele.

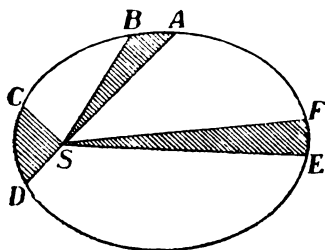


Fig. 20 Ilustrarea grafică a celei de a doua legi a lui Kepler: arcurile AB, CD și EF sînt parcurse de planetă în intervale de timp egale — suprafețele hașurate sînt egale între ele.

cu mult mai aproape de Soare, ar trebui să se miște pe orbita sa mult mai repede ca în iunie-august. Cu alte cuvinte, iarna ar trebui să treacă repede în nord, iar vara — dimpotrivă — ar trebui să dureze mult, de parcă ar compensa prin asta căldura iradiată cu zgîrcenie de Soare.

În figura 21 se dă o imagine ceva mai exactă a duratei anotimpurilor anului în condițiile imaginare de noi. Elipsa reprezintă forma nouă a orbitei Pămîntului (cu excentricitatea de 0,5). Cifrele de la 1—12 împart calea Pămîntului în părți, pe care acesta le parcurge în intervale de timp egale; după legea lui Kepler, părțile elipsei determinate de raze vectoare schițate aici au suprafețe egale. În punctul 1, Pămîntul se află la 1 ianuarie; în punctul 2 — la 1 februarie; în punctul 3 — la 1 martie etc. Din schiță se vede că echinocțiul de primăvară (A) ar trebui să înceapă pe o astfel de orbită din primele zile ale lui februarie, iar cel de toamnă (B) — la sfîrșit de noiembrie. Deci, toamna

și iarna ar dura în emisfera nordică numai două luni și ceva — de la sfârșitul lui noiembrie pînă la începutul lui februarie. În schimb, perioada zilelor lungi și a Soarelui de amiază la mare înălțime ar dura în țările emisferei de nord de la echinocțiul de primăvară pînă la echinocțiul de toamnă, înglobînd peste  $9\frac{1}{2}$  luni.

În emisfera sudică a Pămîntului ar avea loc procesul invers. Zilele scurte, în care Soarele se află în partea de jos

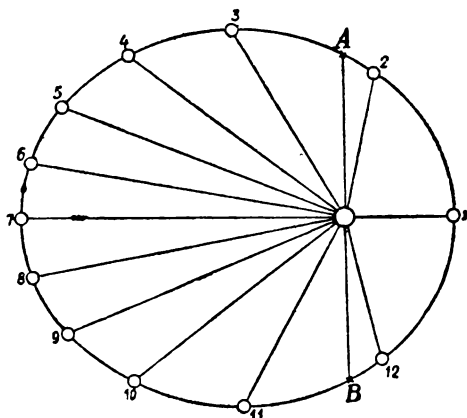


Fig. 21 Cum s-ar mișca Pămîntul în jurul Soarelui de-a lungul unei elipse foarte turtită. Distanțele dintre punctele învechinate, marcate cu cifre, sînt parcurse de planetă în intervale de timp egale în decurs de o lună.

a bolții cerești, ar coincide cu îndepărtarea de Soare și cu reducerea de nouă ori a căldurii iradiate de acesta ; zilele lungi, cînd Soarele stă sus pe bolta cerească, ar coincide cu intensificarea de 9 ori a radiației solare. Iarna ar fi mult mai aspră ca în Nord și ar dura timp mai îndelungat. În schimb vara ar fi extrem de călduroasă, dar scurtă.

Vom menționa încă o consecință a lui „dacă” în acest caz. În ianuarie mișcarea rapidă a Pămîntului pe orbită ar crea o diferență mare între ora amiezii mijlocii și ora amiezii reale, diferență care s-ar urca la intervale de ore. Ar fi incomod să trăiești după ora mijlocie solară în aceste condițiuni.

Am văzut cum poate să se răsfriângă asupra noastră poziția excentrică a Soarelui în orbita Pământului, în primul rînd prin faptul că iarna în emisfera nordică trebuie să fie mai scurtă și mai dulce, iar vara — mai lungă ca în emisfera sudică. Se observă acest lucru în realitate? Bineînțeles. În ianuarie Pământul este mai aproape de Soare ca în iulie cu  $2 \times \frac{1}{60}$ , adică cu  $\frac{1}{30}$ ; cantitatea de căldură primită de la

Soare crește pentru acest motiv de  $\left(\frac{61}{59}\right)^2$  ori, adică cu 6%.

Aceasta îndulcește într-o oarecare măsură asprimea iernilor din Nord. Pe de altă parte, perioada de toamnă și iarnă în emisfera nordică, luate laolaltă, este cu circa 8 zile mai scurtă decît în emisfera sudică; vara și primăvara în Nord sînt cu tot atîtea zile mai lungi ca în Sud. Este posibil ca înghețul pe o suprafață mai întinsă la Polul Sud să se explice prin asta. Dăm mai jos durata exactă a anotimpurilor anului pentru emisfera de nord și emisfera de sud.

Emisfera nordică	Durata	Emisfera sudică
Primăvara	92 zile 19 ore	Toamna
Vara	93 „ 15 „	Iarna
Toamna	89 „ 19 „	Primăvara
Iarna	89 „ 0 „	Vara

Vedeți că vara în emisfera nordică este mai lungă decît iarnă (cu 4,6 zile), iar primăvara în Nord este mai lungă decît toamna cu 3 zile.

Acest avantaj de care se bucură emisfera nordică nu va dura o veșnicie. Axa mare a orbitei Pământului se deplasează încet în spațiu; o dată cu ea mută din locul lor punctele mai îndepărtate sau mai apropiate de Soare ale orbitei Pământului. Ciclul complet al acestor mișcări se încheie în cca 26 000 de ani. S-a calculat că, în jurul anului 10 700 al erei noastre, avantajul pomenit mai sus al emisferei nordice a Pământului va trece de partea emisferei sudice.

Nici chiar excentricitatea orbitei Pământului nu rămîne neschimbată: mărimea ei este supusă în decursul veacurilor la



ușoare oscilații seculare, variind aproximativ de la zero (0,003), când orbita Pământului se transformă aproape într-un cerc, pînă la 0,07, când excentricitatea ei crește la maximum și se apropie ca formă de orbita planetei Marte. În prezent excentricitatea ei se află într-un stadiu de declin; ea se va micșora timp de încă 24 000 de ani, când va atinge coeficientul 0,003, după care va începe să crească pe o perioadă de 40 000 de ani. Firește că schimbări atît de încete nu au pentru noi decît o importanță teoretică.

## Cînd sîntem mai aproape de Soare: la amiază sau seara ?

Dacă Pămîntul s-ar mișca pe o orbită riguros circulară, în centrul căreia s-ar afla Soarele, răspunsul la întrebarea formulată în subtitlul de mai sus ar fi foarte simplu : sîntem mai aproape de Soare la amiază, cînd punctele respective de pe suprafața Pămîntului, în urma rotației în jurul axei

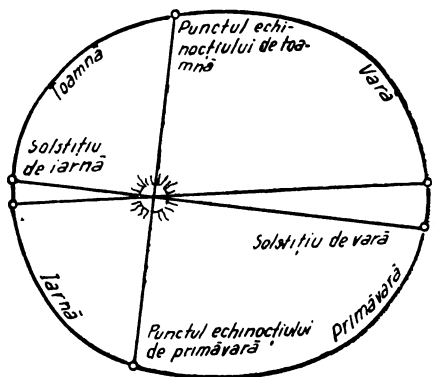


Fig. 22 Prezentarea schematică a drumului parcurs de Pămînt în jurul Soarelui.

sale, se află în fața Soarelui. Valoarea cea mai mare a acestei apropieri față de Soare pentru punctele de pe Ecuator ar fi de 6 400 km (lungimea razei Pămîntului).

Orbita Pămîntului, însă, este o elipsă, iar Soarele se află în focarul ei (fig. 22). Din această cauză Pămîntul se află

cînd mai aproape de Soare, cînd mai departe de el. Timp de o jumătate de an (de la 1 ianuarie pînă la 1 iulie), Pămîntul se îndepărtează de Soare, iar în timpul celeilalte jumătăți de an se apropie de Soare. Diferența între distanța cea mai mică și distanța cea mai mare atinge  $2 \times \frac{1}{60} \times 150\,000\,000$ , adică 5 000 000 km.

Această variație de distanță constituie în medie 28 000 km pe zi. De aceea, în intervalul de la amiază și pînă la apusul Soarelui (un sfert din 24 ore), distanța dintre punctele de pe suprafața Pămîntului și Soare se schimbă în medie cu 7 500 km, ceea ce înseamnă că depășește în mărime schimbarea aceleiași distanțe, cauzată de rotația Pămîntului în jurul axei sale.

Prin urmare, la întrebarea pusă în subtitlul acestui capitol, vom răspunde astfel : în perioada din ianuarie și pînă în iulie sîntem mai aproape de Soare în timpul amiezii decît seara, iar din iulie și pînă în ianuarie — invers.

## Mai departe cu un metru

### Problemă

Pămîntul se rotește în jurul Soarelui la o distanță de 150 000 000 km. Presupunem că această distanță a crescut cu un metru. Cu cît s-ar mări lungimea drumului parcurs de pămînt în jurul Soarelui și cu cît ar crește din această cauză durata unui an (considerînd că viteza de mișcare a Pămîntului de-a lungul orbitei sale rămîne neschimbată — fig. 23) ?

### Răspuns

Un metru nu reprezintă în sine o lungime mare ; totuși, gîndindu-ne la lungimea uriașă a orbitei Pămîntului, înclinăm

să credem că din acest adaos neînsemnat ar trebui să rezulte o creștere considerabilă a lungimii orbitei, precum și a duratei unui an.

Cu toate acestea, făcînd calculul, obținem un rezultat atît de neînsemnat, încît sîntem gata să bănuim că s-a strecurat o greșeală. Totuși nu trebuie să ne mire faptul că diferența este atît de neînsemnată. Diferența de lungime dintre două cercuri concentrice nu depinde de lungimea razelor acestor cercuri, ci numai de *diferența* acestor raze. Această diferență luată la două cercuri desenate pe dușumeaua unei camere este egală cu diferența unor cercuri de dimensiuni

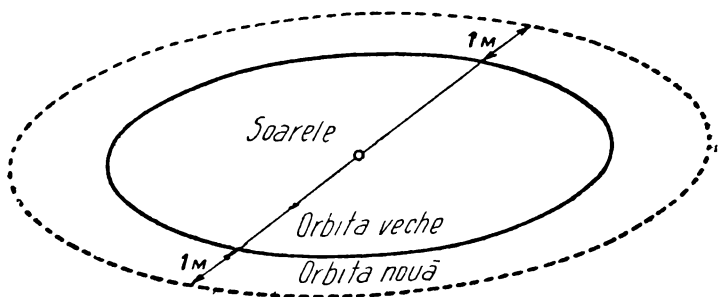


Fig. 23 Cu cît crește în lungime orbita Pămîntului, dacă planeta noastră s-ar găsi la o distanță cu un metru de Soare? (Răspunsul la problemă în text.)

cosmice, dacă diferența între raze este egală în ambele cazuri cu un metru. Ne convingem de acest lucru făcînd calculul respectiv. Dacă raza orbitei Pămîntului este egală cu  $R$ , lungimea orbitei este egală cu  $2\pi R$ . Prelungind raza cu un metru, noua lungime a orbitei va fi de  $2\pi(R + 1) = 2\pi R + 2\pi$ . Diferența adăugată la lungimea orbitei reprezintă, după cum vedem, numai  $2\pi$ , adică 6,24 m, și nu depinde de lungimea razei.

Deci drumul parcurs de globul pămîntesc în jurul Soarelui s-ar mări numai cu 6,24 m, în cazul că distanța dintre Pămînt și Soare ar crește cu un metru. Durata anului aproape

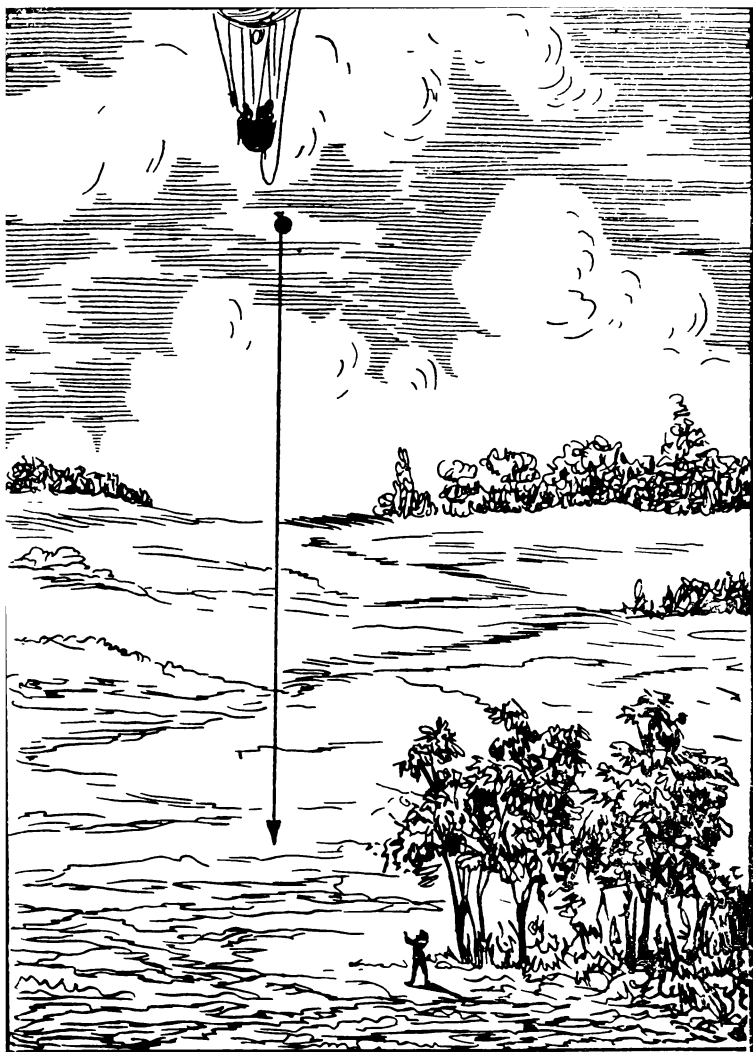


Fig. 24 Pentru un observator terestru drumul parcurs de un corp în cădere liberă reprezintă o linie dreaptă.

că nu s-ar schimba de pe urma acestei diferențe, dat fiind că Pământul parcurge pe orbita sa 30 000 m pe secundă: anul s-ar prelungi cu a 5 000-a parte dintr-o secundă, ceea ce constituie o mărime cu totul neînsemnată.

## Din mai multe puncte de vedere

Scăpînd din mînă un obiect, îl vedeți căzînd vertical și vi s-ar părea curios ca altcineva să vadă linia de cădere a obiectului altfel decît dreaptă. Cu toate acestea, pentru oricare alt observator, care nu ia parte împreună cu noi la mișcarea globului pămîntesc, linia de cădere a obiectului nu va apare ca linie dreaptă.

Să încercăm să ne transpunem în locul unui astfel de observator și să privim cu ochii lui căderea unui corp. Figura 24 reprezintă căderea liberă a unei bile grele de la o înălțime de 500 m. În timpul căderii, ea participă, firește, la toate mișcările globului pămîntesc. Aceste mișcări relative și în același timp mult mai rapide ale corpului în cădere nu le observăm, pentru simplul motiv că și noi participăm la ele. Dacă nu am participa la una din mișcările planetei noastre, linia de cădere a corpului respectiv nu ne-ar apărea verticală, ci cu totul altfel.

Să ne închipuim că nu observăm căderea corpului de pe suprafața Pământului, ci de pe Lună. Luna însoțește Pământul în mișcarea lui în jurul Soarelui, dar nu ia parte la mișcarea Pământului în jurul axei sale. De aceea, observînd căderea corpului de pe Lună, l-am vedea efectuînd două mișcări diferite: prima — vertical în jos, și a doua mișcare, neobservată pînă acum, pe o linie tangențială cu suprafața

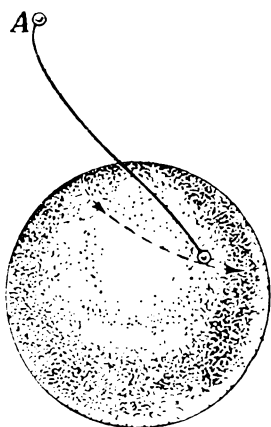


Fig. 25. Pentru un observator de pe Lună, același drum reprezintă o linie curbă.

Pământului, spre răsărit. Desigur că ambele mișcări se adună după legile mecanicii, și pentru că una din ele (căderea) nu este uniformă, iar cealaltă este uniformă, mișcarea rezultată de aici se va face pe o linie curbă. Figura 25 înfățișează această curbă; ea reprezintă linia pe care ar vedea-o un observator atent, aflat pe Lună.

Să facem încă un pas: să presupunem că ne găsim pe Soare și avem cu noi un telescop foarte puternic, pentru a urmări căderea unui glob greu pe Pământ. Găsindu-ne pe Soare nu numai că nu participăm la mișcarea de rotație a Pământului, dar nu participăm nici la mișcarea de revoluție

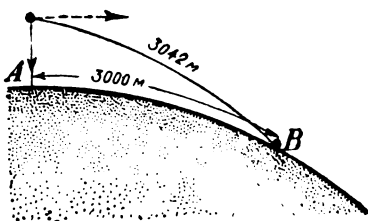


Fig. 26 Un corp în cădere liberă pe Pământ se mișcă totodată și în direcția tangentei la linia curbă descrisă de punctele de pe suprafața Pământului, ca o consecință a mișcării lui de rotație.

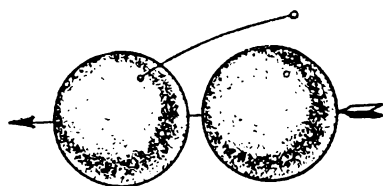


Fig. 27 Ce ar vedea un observator care urmărește de pe Soare căderea liberă a unui corp pe Pământ arătată în fig. 24 (scara de proporții nu se respectă).

a lui. Prin urmare, de pe Soare putem observa trei mișcări concomitente, pe care le efectuează corpul în căderea sa (fig. 26).

1. Căderea pe linia verticală spre suprafața Pământului.
2. Mișcarea pe linie tangențială cu suprafața Pământului.
3. Mișcarea în jurul Soarelui.

Prima deplasare este egală cu 0,5 km. A doua — în 10 secunde cât durează căderea corpului — este egală la latitudinea Moscovei cu  $0,3 \times 10 = 3$  km. A treia mișcare — cea mai rapidă — 30 km pe secundă. În 10 secunde de cădere a corpului, acesta va înainta pe orbita Pământului 300 km. În raport cu această din urmă mișcare, atât de în-

semnată, primele două mișcări — 0,5 km în jos și 3 km lateral — aproape că nu se vor observa; privind de pe Soare nu vom observa decât mișcarea cea mai importantă. Ce vom vedea prin urmare? Cu aproximație, ceea ce reprezintă figura 27 (neținând seama de proporții). Pământul va înainta spre stînga, iar corpul în cădere va trece din punctul deținut pe Pământ în poziția din dreapta, într-un punct corespunzător pe Pământ (doar ceva mai jos) în poziția din stînga. Repetăm că desenul nu respectă scara de proporții; centrul Pământului în interval de 10 secunde nu se va deplasa cu 14 000 km, cum a prezentat, spre a demonstra, desenatorul, ci numai cu 300 km.

Ne rămîne să mai facem încă un pas: să ne postăm pe o stea oarecare, adică pe un soare mai îndepărtat, eliberîndu-ne de mișcarea pe care o facem o dată cu Soarele. De acolo vom observa că, pe lîngă cele trei mișcări analizate de noi mai sus, corpul în cădere mai face și o a patra mișcare — față de steaua pe care ne aflăm. Viteza și direcția celei de-a patra mișcări depind de steaua pe care ne-am postat, adică de felul mișcării întregului sistem solar față de steaua respectivă.

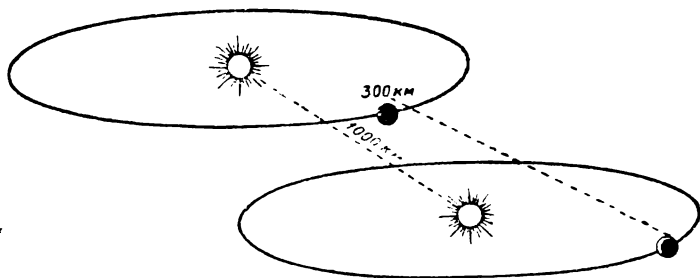


Fig 28 Cum ar apărea căderea liberă a unui corp pe Pământ, observată de pe o stea îndepărtată.

Figura 28 reprezintă unul din cazurile posibile, cînd sistemul solar s-ar mișca, în raport cu steaua pe care ne-am propus-o, în unghi ascuțit față de orbita Pământului, cu o

viteză de 100 km pe secundă (asemenea viteză se constată la stele). Această mișcare în timp de 10 secunde va deplasa corpul în cădere cu 1 000 km în direcția respectivă și, desigur, va complica mai mult drumul parcurs de el. Observate de pe o altă stea, distanța și direcția aceluiași drum ar fi altele.

S-ar putea merge și mai departe : să ne punem întrebarea cum ar apărea drumul parcurs de un corp în cădere spre Pământ, pentru cineva care s-ar afla în afara Căii Laptelui și nu ar participa la mișcarea uluitoare în care se încadrează sistemul nostru cosmic față de alte sisteme sidereale din Univers. Nu este însă nevoie să mergem așa departe. Cititorului îi este clar că, din fiecare punct nou de vedere, drumul parcurs de unul și același corp în cădere va apărea cu totul altfel.

## Unitate de timp nepămînteană

Ați lucrat o oră și tot o oră v-ați odihnit. Sînt oare egale aceste două intervale de timp ? Bineînțeles că sînt egale, dacă sînt măsurate cu ajutorul unui ceasornic bine verificat — ne vor răspunde cei mai mulți dintre cititori. Dar care ceasornic trebuie să-l socotim exact ? Firește, cel ce este verificat de datele astronomice ; cu alte cuvinte, cel ce concordă cu mișcarea globului pămîntesc, mișcare ideal uniformă ; el se rotește în unghiuri egale, în intervale strict egale de timp.

Dar, în definitiv, de unde știm că globul pămîntesc se rotește uniform ? Pentru care motiv sîntem convinși că două rotații consecutive, efectuate de planeta noastră în jurul axei sale, se petrec în intervale de timp egale ? Acest lucru nu poate fi controlat atîta timp cît mișcarea de rotație a Pămîntului servește drept unitate de măsură a timpului.

În ultima vreme astronomii au găsit de cuviință ca, în anumite scopuri, să înlocuiască acest fel de mișcare uniformă, înrădăcinat din timpuri străvechi, cu un altul. Vom expune motivele și urmările acestei înlocuiri.



Studierea minuțioasă a mișcării corpurilor cerești a scos în evidență faptul că în unele cazuri aceste mișcări diferă de cele prevăzute teoretic, iar abaterile nu pot fi explicate prin legile mecanicii cerești. Astfel de abateri, aparent fără cauză, au fost constatate pentru Lună, pentru primul și cel de-al doilea satelit al lui Jupiter, pentru planeta Mercur și chiar pentru mișcarea anuală vizibilă a Soarelui și mișcarea propriei noastre planete pe orbita ei. De pildă, Luna se mișcă pe o traiectorie care, în unele epoci, se abate de la orbita teoretică cu aproape 10 secunde de arc, iar Soarele deviază cu aproape o secundă de arc. Analiza acestor neregularități a dus la stabilirea unei trăsături comune a lor; toate mișcările într-o anumită perioadă de timp s-au făcut accelerat, ca în perioada următoare să sufere, totuși, toate laolaltă, o încetinire. Firește, se pune problema unei cauze comune, care provoacă aceste devieri.

Nu stă oare această cauză comună în „inexactitatea” ceasornicului nostru natural, în alegerea nepotrivită a rotației Pământului, drept model de mișcare uniformă?

S-a pus chestiunea înlocuirii ceasornicului pământean. „Ceasul pământean” a fost pentru un timp înlăturat și mișcările în studiu au fost măsurate cu un alt ceasornic natural, bazat fie pe mișcările vreunui satelit al lui Jupiter, fie pe mișcările Lunei sau ale lui Mercur. S-a constatat că astfel de schimbări aduc cu sine deîndată o exactitate satisfăcătoare în mișcarea corpurilor cerești amintite. În schimb, mișcarea de rotație a Pământului, măsurată după noul ceasornic, apare inegală; ba se încetinește la un moment dat pe o perioadă de câțiva zeci de ani, ba se accelerează în următorii câțiva zeci de ani, ca apoi să înceapă din nou să se încetinească.

În anul 1897, ziua (24 ore) era mai mare cu 0,0035 sec decât în anii precedenți, iar în anul 1918 ziua a fost mai mică cu aceeași mărime ca în perioada dintre 1897—1918. În prezent ziua (24 ore) este mai mare cu 0,002 sec decât acum 100 de ani.

În acest sens putem spune că planeta noastră nu se rotește uniform în raport cu alte mișcări ale ei, precum și în

raport cu mișcările care au loc în sistemul nostru solar, considerate în mod convențional drept mișcări uniforme. Proportia devierii Pământului de la mișcarea strict uniformă (în sensul arătat) este minoră ; în decursul unui secol, între anii 1680 și 1780, Pământul s-a mișcat cu încetinire, zilele (24 ore) deveneau mai lungi, iar planeta noastră a acumulat circa 30 de secunde diferență între „ora sa” și „ora străină” ; apoi, pînă la mijlocul secolului al XIX-lea, zilele pierdeau din durata lor, și din diferență s-au redus aproximativ

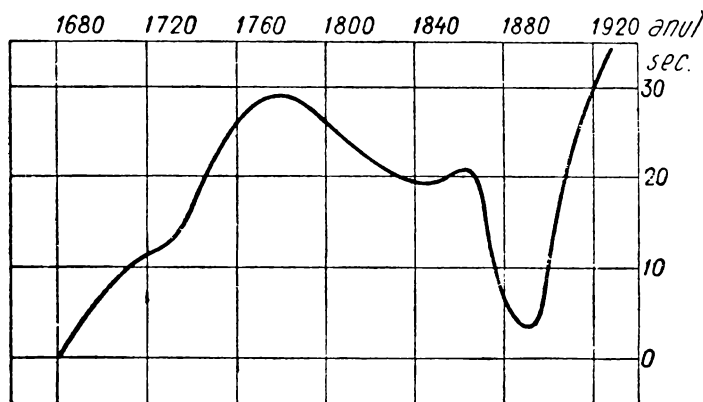


Fig. 29 Curba aceasta ne arată în ce fel a variat rotația Pământului față de mișcarea uniformă de rotație - din anul 1680 pînă în 1920. Dacă Pământul s-ar învîrți uniform, pe grafic, ar fi redată o linie orizontală. Ramurile ascendente ale curbei corespund prelungirii zilelor, adică încetirii mișcării de rotație a pămîntului : ramurile descendente corespund accelerării mișcării de rotație.

10 secunde ; către începutul secolului nostru s-au mai redus 20 de secunde ; în primul sfert al veacului nostru, mișcarea Pământului s-a încetinit din nou, zilele au început iarăși să crească în durată și s-a acumulat din nou cam o jumătate de minut (fig. 29).

Diversele cauze ale acestor schimbări pot fi : fluxurile provocate de Lună, schimbarea diametrului globului pămînt-

tesc<sup>1</sup> etc. În această problemă sînt posibile eventuale descoperiri în viitor, cînd acest fenomen va fi deplin elucidat.

## Unde încep lunile și anii ?

La Moscova a bătut ora 12 — a sosit 1 ianuarie. La vest de Moscova mai este încă 31 decembrie, iar spre est — 1 ianuarie. Pe suprafața rotundă a globului pămîntesc, însă, Răsăritul cu Apusul trebuie să se întîlnească în mod inevitabil ; deci trebuie să existe undeva și linia de delimitare între data de 1 și 31, între ianuarie și decembrie, între anul care s-a încheiat și cel care a sosit.

Această linie există și se numește „linia de schimbare a datei“ ; ea trece prin strîmtorea Behring și se prelungește de-a lungul apelor Oceanului Pacific, aproximativ pe lîngă meridianul 180°. Poziția ei exactă este stabilită printr-o convenție internațională.

Pe această linie imaginară, care taie spațiile pustii ale Oceanului Pacific, are loc prima schimbare a datelor, a lunilor, a anilor. S-ar părea că aici este ușa de intrare a calendarului nostru ; de aici vin pe Pămînt noile zile ale lunii și tot aici se află leagănul noului an. Aici, înaintea oricărui loc de pe Pămînt, sosește fiecare zi nouă a lunii ; născîndu-se o ia la goană spre vest, înconjoară în fugă tot globul, pentru a se întoarce la locul nașterii sale.

U.R.S.S., înaintea oricărei țări din lume, primește pe teritoriul ei noua zi a lunii ; la capul Dejnev, fiecare dată a lunii, abia născută în apele strîmtorii Behring, pășește într-o regiune populată, ca să-și înceapă peregrinarea prin toate părțile lumii. Tot aici, la extremitatea estică a Asiei sovietice, zilele se sfîrșesc, îndeplinindu-și slujba lor de 24 ore.

---

<sup>1</sup> Schimbarea dimensiunii diametrului Pămîntului poate fi pusă în evidență prin măsurători directe, deoarece această mărime este cunoscută cu o exactitate pînă la 100 de metri ; cu toate acestea, sporirea sau scutarea diametrului Pămîntului numai cu cîțiva metri ar fi de-ajuns pentru a cauza schimbările în durata unei zile, despre care s-a vorbit mai sus (n. a.).

Astfel, schimbul zilelor are loc la linia de schimbare a datei. Primii călători în jurul lumii, care nu au ținut seama de această linie, s-au încurcat în calculul zilelor. Iată ce povestea Antonio Pigafetta, însoțitorul lui Magellan în călătoria în jurul lumii :

„19 iulie, *miercuri*, am văzut insulele Capul Verde și am ancorat. Pentru a ști dacă am ținut corect la zi jurnalul de bord, am dat ordin să se întrebe la țărm ce zi din săptămână este astăzi. Ni s-a răspuns că e joi. Ne-a surprins, căci după jurnalele noastre era doar *miercuri*. Ni s-a părut imposibil să ne fi înșelat toți cu o zi...”

„Ulterior am aflat că în calculul nostru nu era nici cea mai mică greșeală : plutind mereu spre vest, am ținut pas cu Soarele și, revenind în același punct, era normal să câștigăm o zi în comparație cu cei rămași pe loc. Trebuie să judeci puțin, ca să fii de acord cu acest lucru.”

Cum procedează astăzi navigatorii când traversează linia datei ? Pentru a nu încurca evidența zilelor, marinarii lasă să treacă o zi în plus din calendar dacă merg de la est la vest ; când traversează linia datei dinspre vest către est, trec la socoteală una și aceeași zi de două ori, adică, după data de 1 socotesc tot 1 ale lunii. Iată pentru care motiv nu este verosimilă povestea lui Jules Verne din romanul său „Înconjurul lumii în 80 de zile”, unde călătorul care face înconjurul lumii „aduce” cu sine, la sosirea în patrie, duminică, deși acolo mai era încă ziua precedentă — sâmbăta. Acest lucru a putut avea loc doar pe timpul lui Magellan, când nu exista încă o convenție cu privire la „linia datei”. Tot atât de imposibile sînt și aventurile în genul celor povestite de Edgar Poe în descrierea hazlie „Trei duminici într-o săptămână” : un marinar care a făcut înconjurul Pământului de la est la vest, se întîlnește în patrie cu un alt marinar, care a făcut înconjurul lumii în direcție opusă celui dintîi. Unul dintre marinari susținea că duminica fusese ieri, celălalt că va fi mîine, iar un prieten de-al lor, care nu fusese plecat nicăieri, susținea că azi e duminică.

Într-o călătorie în jurul lumii, spre a nu încurca zilele calendarului, trebuie să te oprești puțin în calculul zilelor — când mergi spre răsărit — lăsînd Soarele să te ajungă din urmă, adică să socotești una și aceeași zi *de două ori* ; când mergi însă spre apus, trebuie dimpotrivă să *scapi* o zi, pentru a nu rămîne în urma Soarelui.

Toate acestea par a fi lucruri foarte simple. Cu toate acestea, chiar în timpurile noastre, după patru șute de ani de la Magellan, foarte mulți nu știu cum să se descurce în ele.

## Cîte vineri sînt în februarie ?

### Problemă

Care este numărul maxim și minim de vineri din luna februarie ?

### Răspuns

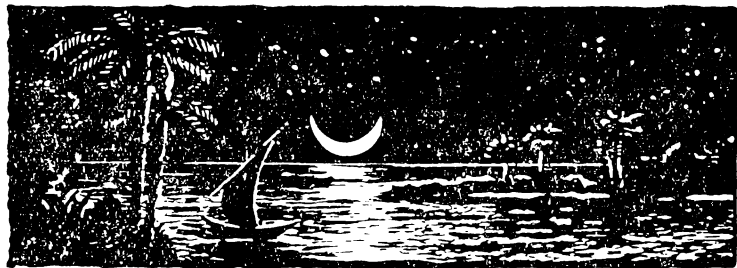
De obicei se răspunde că cele mai multe vineri, în luna februarie pot atinge cifra 5, iar cele mai puține — cifra 4. Este adevărat că, dacă 1 februarie cade într-un an bisect într-o vineri, data de 29 februarie va cădea tot într-o vineri — deci numărul vinerilor în acest caz va atinge cifra 5.

Totuși este posibil ca numărul vinerilor dintr-o singură lună februarie să fie de două ori mai mare decît cel amintit mai sus. Imaginați-vă un vas care face curse între țărmul de est al Siberiei și Alaska ; el părăsește cu regularitate țărmul asiatic în fiecare vineri. Cîte vineri va număra căpitanul acestui vas în luna februarie a unui an bisect, dacă prima zi a lunii cade tot într-o vineri ? Dat fiind că el traversează linia datei dinspre vest către est, va avea în fiecare săptămîină două vineri consecutive, astfel că numărul vinerilor în acea lună va atinge cifra 10. Și, dimpotrivă, același căpitan, dacă părăsește țărmul peninsulei Alaska în fiecare

joi, pentru a merge spre țărmul Siberiei, va lăsa să-i scape din calculul zilelor chiar ziua de vineri ; în întreaga lună nu va avea nici o vineri.

Prin urmare, iată răspunsul exact al problemei : numărul maxim posibil de vineri în luna februarie este 10, iar numărul minim — zero.





## CAPITOLUL II

### LUNA ȘI MIȘCĂRILE EI

#### Lună nouă și Lună în descreștere

Nu orice om care vede pe cer discul înjumătățit al Lunei poate să precizeze dacă Luna este nouă sau este în descreștere. Luna nouă în formă de seceră nu se deosebește de Luna în descreștere, decât prin aceea că Luna nouă are convexitatea pe o parte, iar Luna în descreștere pe partea cealaltă. În emisfera nordică, convexitatăa Lunei noi este spre dreapta, iar a Lunei în descreștere — spre stînga. Cum se poate ști cu precizie încotro se uită Luna în fiecare din cele două situații sus-amintite?

Îmi voi permite să propun următorul indiciu :

Putem stabili că Luna este în *creștere* (adică nouă) dacă putem forma cu ajutorul ei litera D, iar dacă Luna aduce cu litera C, înseamnă că este în *descreștere*.

Un indiciu de natură mnemotehnică au francezii. Ei sugerează ca cele două capete ale semilunei să fie unite cu o



Fig. 30 Metodă simplă de a deosebi Luna nouă (în creștere) de Luna veche (în descreștere).

dreaptă prelungită, astfel ca să rezulte cele două litere latine „p“ sau „d“. Litera „d“ — cu care începe cuvîntul „dernier“ (ultimul) — indică ultimul pătrar, adică Luna în descreștere. Litera „p“ — cu care începe cuvîntul „premier“ (primul) — arată că Luna este în primul pătrar, ceea ce înseamnă Lună nouă. Germanii au și ei o regulă, care face o asociație între forma Lunei și anumite litere<sup>1</sup>.

Aceste reguli sînt valabile numai pentru emisfera nordică a Pămîntului. Pentru Australia sau Transvaal, sensul acestor indicii este exact invers. Chiar și în emisfera nordică, la latitudinile sudice ele pot fi nepracticabile. Începînd cu Crimeea și Caucaz semidiscul Lunei suferă o puternică înclinație într-o parte, iar mai spre sud ia direct o poziție culcată. În apropiere de Ecuator Luna pare a fi cînd o gondolă ce se leagănă pe valuri („barca Lunei“ din legendele arabe), cînd un arc luminos. Aici nu folosește nici indiciul rusesc, nici cel franțuzesc. Din fracțiunea de arc culcată poți forma ambele perechi de litere : „D“, „C“, „p“ și „d“. Nu degeaba în Roma antică Luna înclinată era socotită „amăgitoare“ (Luna fallax). Ca să nu ne înșelăm în ceea ce privește vîrsta Lunei în acest caz, trebuie să recurgem la indicații astronomice : Luna nouă se poate vedea seara în partea de vest a bolții cerești, în timp ce Luna în descreștere poate fi văzută diminețile în partea de răsărit.

## Luna ca simbol de steag

### Problemă

În figura 31 se observă steagul Turciei (de odinioară). Pe el sînt înfățișate semiluna și o stea. Aceasta ne dă prilej să ne punem următoarele întrebări :

1. În ce fază este înfățișată Luna pe steag — Luna nouă sau în descreștere ?

---

<sup>1</sup> Poporul român are și el o metodă mnemotehnică pentru a afla dacă luna este în creștere sau în descreștere, bazată pe premiza că... luna minte : dacă este în formă de C, luna *descrește*, iar dacă este în formă de D, ea *crește* (n. red. rom.).



2. Este posibil ca semidiscul Lunei să poată fi văzut în vecinătatea unei stele, așa cum sînt ele așezate pe steag ?

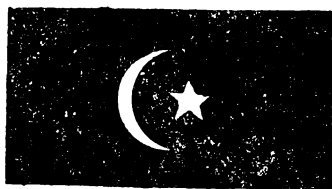


Fig. 31 Steagul Turciei (odinioară).

### Răspuns

1. Să ne reamintim de constatările făcute mai sus și, avînd în vedere că steagul aparține unei țări din emisfera nordică, vom stabili că Luna înfățișată aici este în *descreștere*.

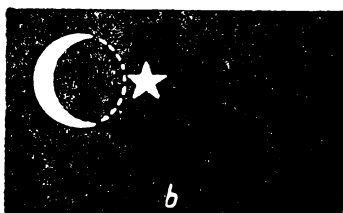


Fig. 32 *a* și *b*. De ce între capetele semilunei nu poate fi văzută o stea ?



Fig. 33 În tablou s-a strecurat o greșală astronomică. Care anume ?  
(Răspunsul în text.)

2. Steaua nu poate fi văzută în interiorul discului Lunei, marcîndu-i în întregime forma (fig. 32 a). Toate stelele de pe cer se află la o depărtare mult mai mare decît Luna și, prin urmare, sînt acoperite de ea. Ele se pot vedea numai în exteriorul conturilor ei, așa cum se arată în figura 32 b.

Este interesant faptul că pe actualul steag al Turciei, înfățișînd, ca și în trecut, semiluna alături de o stea, poziția este, totuși, schimbată (fig. 32 b).

## Taina fazelor Lunei

Luna primește lumină de la Soare și de aceea partea convexă a semilunei este întoarsă, bineînțeles, spre Soare. Pictorii uită de multe ori acest lucru. Prin expoziții pot fi văzute destul de des peisaje cu semiluna avînd partea concavă întoarsă spre Soare. Se mai întîmplă, uneori, ca semidiscul Lunei să fie întors cu unul dintre capetele sale spre Soare (fig. 33).

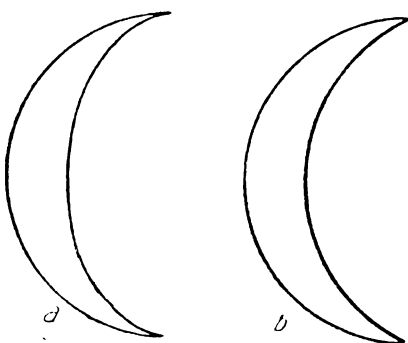


Fig. 34 Cum trebuie redată semiluna (a) și cum nu poate fi redată ea (b).

Trebuie să precizăm că nu este așa de ușor, cum s-ar părea, să desenezi o Lună nouă. Pictori cu experiență desenează latura convexă și concavă a semidiscului Lunei în formă de semicerc (fig. 34 b). În realitate numai latura exterioară are formă de semicerc, în timp ce latura interioară reprezintă o *semielipsă*, pentru motivul că este un semicerc văzut în *perspectivă* (latura care delimitează partea luminată) (fig. 34 a).

Tot atît de greu este să dai Lunei o poziție corectă pe cer. Semiluna sau semidiscul subțire al Lunei sînt deseori așezate, față de Soare, într-un fel ciudat. Dat fiind că Luna primește lumină de la Soare, linia dreaptă care unește capetele semilunei ar trebui să formeze un unghi drept cu raza

de Soare ce se îndreaptă spre centrul ei (fig. 35). Cu alte cuvinte, centrul Soarelui trebuie să fie pe perpendiculara trasă din mijlocul dreptei care unește capetele semilunei. Cu toate acestea, regula se aplică numai când semiluna este îngustă. Figura 56 arată poziția Lunei față de razele Soarelui în diferite faze. Se creează impresia că razele Soarelui s-ar frînge înaintea de a ajunge la Lună.

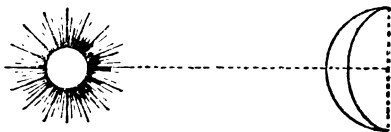


Fig. 35 Poziția semilunei față de Soare.

În realitate raza de Soare care merge spre Lună este într-adevăr perpendiculară pe dreapta ce unește capetele semilunei, și în spațiu nu este decît o linie dreaptă. Ochiul nostru însă nu schițează pe cer această linie dreaptă, ci proiecția ei pe forma

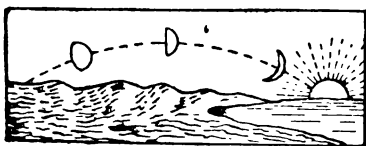


Fig. 36 Poziția Lunei față de Soare așa cum o vedem noi în diferitele faze ale ei.

concavă a bolții cerești. Iată de ce ni se pare că Luna nu este „atîrnată cum trebuie“ pe cer. Un pictor trebuie să studieze aceste particularități și să știe să le redea pe pînză.

## Planetă dublă

Pămîntul cu Luna reprezintă o planetă dublă. Ele au dreptul să fie denumite astfel, pentru că satelitul nostru natural se deosebește mult de sateliții altor planete prin mărimea și masa lui considerabilă în raport cu planeta sa centrală. În sistemul solar există sateliți cu mase și dimensiuni *absolute* mai mari, dar în comparație cu planeta în jurul căreia

se învîrtesc ei sînt mult mai mici decît Luna noastră în raport cu Pămîntul. Într-adevăr, diametrul Lunei depășește o pătrime din diametrul Pămîntului, în timp ce diametrul celui mai mare satelit al altor planete constituie doar a 10-a parte din diametrul planetei sale (de exemplu Triton — satelitul lui Neptun). De asemenea, masa Lunei constituie  $1/81$  din masa Pămîntului, în timp ce satelitul cel mai greu, existent în sistemul solar — al III-lea satelit al lui Jupiter — constituie mai puțin de a 10 000-a parte din masa planetei lui centrale.

Raportul dintre masa planetei centrale și a marilor sateliți îl găsim în tabelul de mai jos.

Planeta	Satelitul ei	Masa (în părțile masei planetei)
Pămîntul	Luna	0,0123
Jupiter	Ganymede	0,00008
Saturn	Titan	0,00021
Uranus	Titania	0,00003
Neptun	Triton	0,00129

În al treilea rînd, ceea ce acordă sistemului Pămînt-Lună dreptul de a se numi „planetă dublă“ este apropierea strînsă dintre aceste două corpuri cerești. Mulți sateliți ai altor planete se rotesc în jurul planetelor la distanțe mult mai mari: unii sateliți ai lui Jupiter (de exemplu al 9-lea) se rotește la o distanță de 65 de ori mai mare (fig. 37).

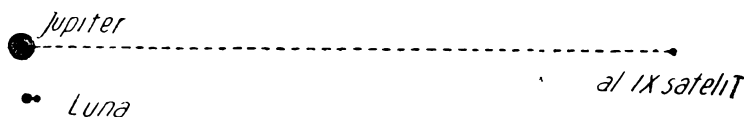


Fig. 37 Sistemul Pămînt-Lună în comparație cu sistemul lui Jupiter (dimensiunile corpurilor cerești nu corespund cu scara de proporții).

De acest fenomen se leagă și faptul interesant că drumul descris de Lună în jurul Soarelui se deosebește prea puțin de cel al Pămîntului. Pare neverosimil dacă ne gîndim că

Luna se mișcă în jurul Pământului la o distanță de aproximativ 400 000 km. Dar să nu uităm că în timp ce Luna face un singur înconjur al Pământului, acesta parcurge, o dată cu Luna, o distanță ce constituie abia a 13-a parte din lungimea întregii orbite pe care se mișcă Pământul, adică o distanță de 70 000 000 km. Imaginați-vă circuitul pe care-l parcurge Luna — 2 500 000 km — desfășurat pe o distanță de 30 de ori mai mare. Ce va mai rămîne din forma rotundă a acestui circuit? Nimic. Iată de ce drumul parcurs de Lună în jurul Soarelui aproape coincide cu orbita Pământului, deviind foarte puțin în afară, față de orbita Pământului, în 13 locuri. Se poate demonstra printr-un calcul simplu (pe care nu-l vom face aici, spre a nu complica expunerea) că drumul parcurs în acest timp de Lună în jurul Soarelui are mereu *conca- vitatea* către acesta. Vorbind mai simplist, putem spune că acest drum ar semăna cu un poligon cu treisprezece laturi, ale cărui unghiuri sînt rotunjite.

În figura 38 puteți vedea imaginea exactă a celor două drumuri parcurse, unul de Lună și celălalt de Pământ, în decurs de o lună. Linia punctată reprezintă drumul parcurs de Pământ, iar linia plină — drumul parcurs de Lună. Ele sînt atît de apropiate unul de celălalt, încît pentru a le prezenta separat a fost nevoie să folosim o scară de proporție mare; dia-

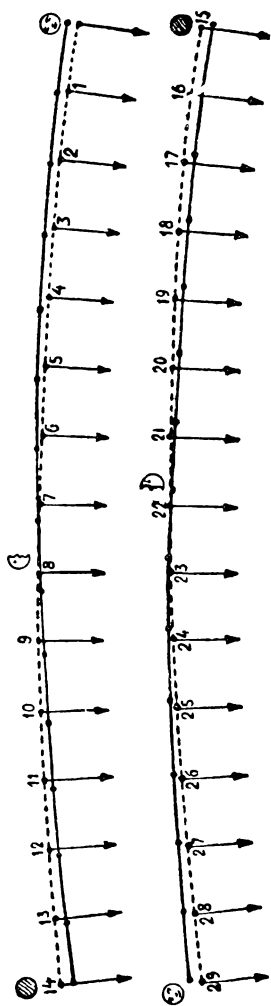


Fig. 38 Drumul parcurs de Lună (linia plină) și de Pământ (linia punctată) în jurul Soarelui în decurs de o lună.

metrul orbitei Pământului în această schemă este egal cu 0,5 m. Dacă acest diametru ar fi de 10 cm, distanța între cele două drumuri pe această schiță ar fi mai îngustă decît grosimea liniei care le reprezintă. Uitîndu-vă pe acest desen vă puteți convinge că Pământul și Luna se mișcă în jurul Soarelui aproape pe același drum și că denumirea de „planetă dublă” le-a fost atribuită de astronomi pe bună dreptate <sup>1</sup>.

Prin urmare, pentru cineva care s-ar afla pe Soare, drumul parcurs de Lună ar părea ca o linie ușor ondulată, care aproape că se suprapune cu orbita Pământului. Acest lucru nu contravine cu nimic faptului că, în raport cu Pământul, Luna se mișcă pe o elipsă nu prea mare.

Cauza constă, firește, în aceea că, privind de pe Pământ, nu observăm mișcarea de deplasare comună a Lunei și a Pământului de-a lungul orbitei acestuia din urmă, deoarece participăm și noi la această mișcare.

## De ce Luna nu cade pe Soare ?

Întrebarea pare naivă. În definitiv, de ce trebuie să cadă Luna pe Soare ? Este lucru știut că puterea de atracție a Pământului asupra Lunei este mult mai mare decît a îndepărtatului Soare.

Cititorii care gîndesc astfel vor rămîne foarte surprinși cînd vor afla că lucrurile stau tocmai invers : Luna este atrasă cu mai multă forță de Soare și nu de Pământ !

Exactitatea acestui lucru ne-o dovedește calculul. Să comparăm cele două forțe de atracție, exercitate asupra Lunei : forța de atracție a Soarelui și forța de atracție a Pământului. Ambele forțe depind de următoarele două circumstanțe : de mărimea masei și de distanța acestei mase față de Lună.

---

<sup>1</sup> Dacă cercetăm cu atenție desenul, putem observa că mișcarea Lunei nu este prezentată strict uniform. Așa și este în realitate. Luna se mișcă în jurul Pământului pe o elipsă în al cărei focar se află Pământul și, potrivit legii a II-a a lui Kepler, pe porțiunile mai apropiate de Pământ ea se mișcă mai repede decît pe porțiunile mai îndepărtate. Excentricitatea orbitei Lunei este destul de mare : 0,055.

Masa Soarelui este de 330 000 de ori mai mare decât masa Pământului. Tot de atâtea ori ar fi mai mare forța de atracție a Soarelui asupra Lunei decât forța de atracție a Pământului, în cazul când distanța de la Soare pînă la Lună ar fi egală cu cea de la Lună pînă la Pămînt.

Dar, distanța dintre Soare și Lună este aproximativ de 400 de ori mai mare ca distanța dintre Lună și Pămînt. Forța de atracție descrește proporțional cu pătratul distanței; de aceea forța de atracție a Soarelui trebuie micșorată de  $400^2$  ori, adică de 160 000 de ori. Deci, forța de atracție a Soarelui este mai mare decât forța de atracție a Pământului de  $\frac{330\,000}{160\,000}$  ori, adică de peste două ori.

Prin urmare, Luna este atrasă de Soare cu o forță de două ori mai puternică decât cea a Pământului. În acest caz de ce oare Luna nu se prăbușește pe Soare? De ce Pămîntul silește Luna să se învîrtească în jurul său și de ce nu deține prioritate forța de atracție a Soarelui?

Luna nu cade pe Soare din aceleași motive pentru care nu cade și Pămîntul; Luna se învîrtește în jurul Soarelui laolaltă cu Pămîntul, iar forța de atracție a Soarelui se irosește pentru a transforma mișcarea rectilinie a celor două corpuri cerești în mișcare curbilinie.

Poate că unii cititori se îndoiesc de acest lucru. Într-adevăr, Pămîntul atrage spre sine Luna, Soarele atrage Luna cu o forță mai mare, iar aceasta din urmă, în loc să cadă pe Soare, se învîrtește în jurul Pământului. Acest lucru ar fi într-adevăr curios dacă Soarele ar atrage către sine *numai* Luna. El însă atrage Luna *împreună cu Pămîntul*, atrage „planeta dublă” în întregime și, altfel spus, Soarele nu se amestecă în raporturile interne existente între membrii acestui cuplu. Vorbind mai exact, Soarele atrage centrul de greutate comun al sistemului Pămînt-Lună. Acest centru (denumit „baricentru”) se rotește în jurul Soarelui sub acțiunea forței de atracție a acestuia. El se găsește la o distanță de  $\frac{2}{3}$  din raza Pământului față de centrul lui în direcția Lunei. Luna și centrul Pământului fac mișcarea de rotație în jurul bari-centrului, efectuînd o rotație în timp de o lună.





doua legi a lui Kepler, satelitul Pământului se deplasează în timp de un sfert de lună pe distanța AE, astfel că suprafața OABCD este egală cu  $\frac{1}{4}$  din suprafața elipsei, adică este egală cu suprafața MABCD (egalitatea suprafețelor OAE și MAD din desenul nostru se confirmă prin egalitatea aproximativă a suprafețelor MOQ și EQD). Deci, într-un sfert de lună, satelitul Pământului parcurge distanța de la A la E. Mișcarea de rotație a Lunei, ca și mișcarea de rotație a planetelor în general, spre deosebire de mișcarea de revoluție în jurul Soarelui, este uniformă : în timp de un  $\frac{1}{4}$  de lună, ea parcurge un arc de cerc exact de  $90^\circ$ . De aceea, când Luna se găsește în punctul E, raza Lunei, întoarsă către Pământ în punctul A, va descrie un arc de  $90^\circ$  și nu va fi îndreptată spre punctul M, ci spre un alt punct oarecare, mai la stînga de M, în apropierea celui de-al doilea focar al orbitei (P). Datorită faptului că Luna își întoarce puțin fața, observatorul de pe Pământ poate să vadă din partea dreaptă fîșia îngustă a celeilalte jumătăți, invizibile pînă atunci. În punctul F, observatorul pămîntean vede o fîșie și mai îngustă din partea de obicei invizibilă a Lunei, pentru că unghiul OFP este mai mic ca unghiul OEP. În punctul G — în „apogeul“ orbitei — Luna deține aceeași poziție față de Pământ ca și în „perigeu“ — punctul A. Mai departe, în mișcarea sa, Luna se întoarce cu fața de la Pământ în partea opusă, arătînd planetei noastre cealaltă fîșie din partea ei invizibilă ; la început această fîșie crește în lățime, apoi devine mai îngustă, iar în punctul A Luna își reia poziția inițială.

Ne-am convins că, datorită formei eliptice a drumului parcurs de Lună, aceasta nu rămîne întoarsă către Pământ strict numai cu una și aceeași jumătate a ei. Luna nu se menține în permanență cu una și aceeași parte a ei față de Pământ, ci față de celălalt focar al orbitei sale. Pentru noi, însă, ea balansează în jurul poziției de mijloc, asemenea unui cîntar ; de aici provine și denumirea astronomică a acestei balansări („librație“ — de la cuvîntul latin „libra“, care înseamnă „cîntar“). Mărimea librației fiecărui punct se măsoară prin unghiul respectiv ; de pildă, în punctul E librația este egală cu unghiul OEP. Valoarea cea mai mare a librației este  $7^\circ 53'$ , adică aproape  $8^\circ$ .

Este interesant de urmărit în ce măsură crește și scade unghiul de librație o dată cu deplasarea Lunei pe orbita ei. Să fixăm în punctul D vârful compasului și să descriem un arc care să treacă prin focarele O și P. Arcul va întretaia orbita în punctele B și F. Unghiurile OBP și OFP, fiind unghiuri înscrise în cerc, sînt egale cu jumătate din unghiul la centrul ODP. De aici deducem că, o dată cu deplasarea Lunei din punctul A pînă în punctul D, librația crește intens la început, în punctul B atinge jumătate din valoarea maximă, apoi continuă să crească mai încet; între D și F librația descrește la început mai încet, apoi mai repede. În cea de-a doua jumătate a elipsei, librația își schimbă valoarea în același ritm, dar în ordine inversă (valoarea librației în fiecare punct de pe orbită este aproximativ proporțională cu distanța dintre Lună și axa mare a orbitei).

Balansarea Lunei, analizată de noi mai sus, se numește librație de longitudine. Satelitul nostru mai este supus unui alt gen de librație — de latitudine. Planul orbitei Lunei are o înclinație de  $6\frac{1}{2}^{\circ}$  față de ecuatorul ei. De aceea, de pe Pămînt, vedem Luna în unele cazuri dinspre sud, iar în alte cazuri dinspre nord, reușind să zărim puțin jumătatea „invizibilă” a Lunei și polii ei. Această librație de latitudine atinge  $6\frac{1}{2}^{\circ}$ .

Vom explica în cele ce urmează cum se folosește un astronom-fotograf de ușoarele balansări, descrise mai sus, ale Lunei în poziție medie, pentru a obține fotografiile stereoscopice. Cititorul va bănuî, desigur, că pentru acest lucru trebuie să prinzi de două ori momentul cînd Luna se află în asemenea poziții, urmărind ca în prima poziție Luna să fie întoarsă cu un unghi suficient de mare față de poziția a doua<sup>1</sup>.

În punctele A și B, B și C, C și D etc., Luna deține poziții atît de diferite în raport cu Pămîntul, încît există posibilitatea de a se lua fotografii stereoscopice. Ne ciocnim însă de un alt inconvenient; în aceste poziții diferența de „vîrstă” a Lunei (1,5—2 zile) este prea mare; fîșia din suprafața Lunei aflată în vecinătatea cercului de iluminare iese

---

<sup>1</sup> Pentru obținerea fotografiilor stereoscopice este destul ca diferența în librație să fie de  $1^{\circ}$  (n. a.).

din umbră pe una din fotografii. Acest lucru este inadmisibil pentru fotografiile stereoscopice (fîșia va sclipi, de parcă ar fi de argint). Se pune problema dificilă de a pîndi momentul cînd Luna se găsește în faze identice, care să se deosebească prin mărimea librației (de longitudine) în așa fel, încît cercul de iluminare să treacă mereu peste aceleași detalii de pe suprafața Lunei. Asta nu este însă suficient : în ambele poziții Luna trebuie să fie supusă la aceleași librații de *latitudine*.

Prin urmare, vedeți cît este de greu să obții fotografii stereoscopice bune ale Lunei, și să nu vă mirați dacă veți afla că deseori, din două fotografii stereoscopice, una se face la un interval de cîtiva ani după cealaltă.

Nu credem că cititorul nostru ar intenționa să scoată fotografii stereoscopice ale Lunei. Firește că explicațiile cu privire la obținerea acestei fotografii nu le-am dat cu un scop practic, ci pentru a analiza particularitățile mișcărilor Lunei, care dau posibilitate astronomilor să vadă o mică fîșie din acea parte a satelitului nostru, inaccesibilă vederii unui pămîntean. Grație ambelor librații ale Lunei, reușim să vedem în total 59 % din suprafața ei. Rămîne cu desăvîrșire inaccesibilă vederii noastre 41 % din suprafață. Cum este alcătuită această parte din suprafața Lunei nu știe nimeni ; putem doar să bănuim că ea nu se deosebește în mod esențial de partea vizibilă a ei. S-au făcut încercări ingenioase ca, prin prelungirea în sens invers a lanțurilor de munți și a razelor de lumină care se întind din partea invizibilă în partea vizibilă a Lunei, să se plaseze pe ghicite unele detalii în partea inaccesibilă vederii noastre. Verificarea unor astfel de presupuneri nu este posibilă deocamdată. Spunem „deocamdată“ cu temei : de multă vreme se elaborează metodele unui zbor în jurul Lunei. Nu a rămas mult de așteptat pînă la realizarea acestei inițiative îndrăznețe. Deocamdată se știe un singur lucru : presupunerea adeseori enunțată, cu privire la existența apei și a atmosferei pe această parte invizibilă a Lunei, este cu desăvîrșire neîntemeiată și contravine legilor fizicii ; dacă pe o parte a Lunei nu există atmosferă și apă, ele nu pot exista nici pe cealaltă parte a ei (vom reveni asupra acestei probleme).

## A doua Lună și Luna Lunei

În presă apar uneori știri care relatează că anumiți observatori au reușit să vadă un al doilea satelit al Pământului, o a doua Lună. Deși asemenea declarații nu au fost niciodată confirmate, este interesant totuși să ne oprim asupra acestei teme.

Problema existenței celui de-al doilea satelit al Pământului nu este nouă. Ea are o poveste lungă. Cine a citit romanul lui Jules Verne „De la Pământ la Lună“, își amintește că încă în acest roman se vorbește despre o a doua Lună. Ea este așa de mică, iar viteza ei este așa de mare, încât locuitorii Pământului nu o pot vedea. Astronomul francez Petit — ne spune Jules Verne — a bănuț existența ei și a stabilit că aceasta face înconjurul Pământului în 3 ore și 20 minute. Distanța ei față de suprafața Pământului este de 8 140 km. Este interesant faptul că o revistă științifică din Anglia, publicînd o serie de articole despre astronomia lui Jules Verne, consideră cele enunțate de Petit cît și pe Petit însuși o simplă născocire. Într-adevăr, nici o enciclopedie nu pomenește despre acest astronom. Cu toate acestea, cele relatate de romanțier nu sînt născociri. Directorul Observatorului din Toulouse — Petit — susținea pe la jumătatea secolului trecut că există o a doua Lună — un meteorit, care face înconjurul globului pămîntesc în 3 ore și 20 de minute, mișcîndu-se la o distanță de numai 5 000 km — nu 8 000 km, cum spune Jules Verne — de suprafața Pământului. Pe atunci această idee era împărtășită de puțini astronomi, fiind dată cu totul uitării mai tîrziu.

Din punct de vedere teoretic nu există nimic antiștiințific în presupunerea existenței unui alt satelit foarte mic al Pământului. Totuși, un astfel de corp ceresc ar putea fi observat și în alte rînduri, nu numai în acele rare momente cînd el trece (aparent) în dreptul discului Lunei sau al Soarelui.

Chiar dacă el s-ar mișca la o distanță foarte mică de Pământ, ceea ce ar determina scufundarea lui în marea umbră a Pământului atunci cînd ar face înconjurul lui, el ar putea fi totuși văzut pe cer serile și diminețile, strălucind viu ca o stea în razele Soarelui. Viteza lui mare și intervalul de timp

scurt în care înconjoară Pământul ar fi atras atenția multor observatori. De asemenea, în timpul eclipselor totale de Soare, cea de-a doua Lună nu ar putea să scape privirilor cercetătoare ale astronomilor.

Pe lângă problema dacă există o a doua Lună, se mai ridică chestiunea existenței unui mic satelit al Lunei — „Luna Lunei“.

A ne convinge însă în mod nemijlocit de existența unui astfel de satelit este foarte greu. Astronomul Multon se pronunță în legătură cu aceasta în felul următor :

„Cînd Luna luminează din plin, lumina ei sau lumina Soarelui nu permit să se observe în apropierea ei un corp ceresc foarte mic. Numai în momentele de eclipsă de Lună satelitul ei ar putea fi luminat de Soare, în timp ce sectoarele învecinate de pe cer nu ar mai fi luminate de razele Lunei. Deci, numai în timpul eclipselor de Lună am putea spera să descoperim un corp ceresc mic, rotindu-se în jurul Lunei. Cercetări de acest fel s-au făcut, fără a duce la vreun rezultat real.“

### De ce nu are luna atmosferă ?

Înainte de a vorbi de cauza pentru care Luna nu reține în jurul ei atmosfera, ne vom pune următoarea întrebare : de ce propria noastră planetă are atmosferă ? Ne vom reaminti că aerul, ca orice gaz, constituie un amestec de molecule, care se mișcă impetuos în direcții diferite. Viteza lor medie, la o temperatură de  $0^{\circ}$ , este de circa 0,5 km pe secundă (viteza unui cartuș de armă). În acest caz, de ce nu se împrăstie oare în spațiul cosmic ? Pentru același motiv pentru care nu pătrunde în spațiul cosmic și cartușul de armă. Irosindu-și energia mișcării sale pentru învingerea forței gravitației, moleculele cad înapoi pe Pământ. Imaginați-vă în apropiere de suprafața Pământului o moleculă care zboară vertical în sus, cu o viteză de 0,5 km pe secundă. Cît de sus poate ajunge ea ? Calculul nu este greu : viteza  $v$ , înălțimea  $h$  și accelerația forței gravitației  $g$  sînt legate prin următoarea formulă :

$$v^2 = 2 gh$$

Înlocuind pe  $v$  cu valoarea respectivă — 500 m/sec, pe  $g$  cu 10 m/sec<sup>2</sup>, avem :

$$250\,000 = 20\,h$$

de unde :

$$h = 12\,500\text{ m} = 12\frac{1}{2}\text{ km}$$

Dacă moleculele de aer nu se pot ridica peste 12½ km, cum se face că la o altitudine mai mare există totuși molecule de acest fel ? Este știut că oxigenul, care face parte din atmosfera noastră, a luat naștere în apropiere de scoarța Pământului (din bioxidul de carbon, prin acțiunea plantelor). Ce forță le-a ridicat și le menține la o înălțime de 500 km, uneori și mai sus, unde s-au constatat în mod categoric urme de aer ? Fizica ne răspunde, cum ne-ar răspunde un statistician, dacă i-am pune următoarea întrebare : „Longevitatea medie este de 40 de ani ; dar cum se face că există bătrâni de 80 de ani ?” Explicația constă în faptul că în calculul de mai sus ne-am ghidat după molecula medie și nu după cea reală. Molecula medie are o viteză de ½ km, moleculele reale însă se mișcă unele mai încet, altele mai repede. Este adevărat că procentul moleculelor a căror viteză diferă de viteza unei molecule medii nu este prea mare și se reduce simțitor o dată cu creșterea acestei diferențe. Din numărul de molecule dat într-un anumit volum de oxigen la o temperatură de 0°, numai 20% au o viteză de 400—500 m pe secundă ; un număr aproape egal se mișcă cu o viteză de 300—400 m/sec, 17% cu o viteză de 200—300 m/sec, 9% — cu o viteză de 600—700 m/sec, 8% cu o viteză de 700—800 m/sec, 1% cu o viteză de 1 300—1 400 m/sec. Un număr foarte mic (mai puțin decât a una milioana parte) au o viteză de 3500 m/sec, iar această viteză este suficientă ca moleculele să se urce chiar la o înălțime de 600 km. Într-adevăr,  $3\,500^2 = 20\,h$ , de unde  $h = \frac{12\,250\,000}{20}$ , adică peste 600 km.

Existența particulelor de oxigen la sute de kilometri deasupra scoarței Pământului devine justificată ; acest lucru rezultă din particularitățile fizice ale gazelor. Moleculele de oxigen, bioxid de carbon sau vapori de apă nu dispun, totuși, de o viteză care le-ar permite să se separe cu totul de globul pământesc. Pentru asta se cere o viteză de cel puțin 11 km

pe secundă, iar la temperaturi joase această viteză nu o posedă decât moleculele izolate din gazele citate mai sus. Iată de ce Pământul își păstrează cu atîta forță învelișul său format din atmosferă. S-a calculat că pentru pierderea unei jumătăți din cantitatea de hidrogen — cel mai ușor gaz — ar trebui să treacă un număr de ani, care, exprimat pe hîrtie, necesită un număr de 25 de cifre. Milioane de ani nu vor aduce nici o schimbare în componența și masa atmosferei Pământului.

Din cele spuse mai sus putem lesne trage concluzia de ce Luna nu poate avea în jurul ei atmosferă. Forța gravitației pe Lună este de șase ori mai mică decât pe Pământ; corespunzător cu asta, viteza necesară învingerii forței gravitației pe Lună este de asemenea mai mică, fiind egală doar cu 2 360 m/sec. Dat fiind că, la o temperatură moderată, viteza moleculelor de oxigen și azot poate depăși această valoare, se înțelege că Luna ar trebui să-și piardă în permanență atmosfera, în cazul că ea s-ar forma aici. În clipa cînd moleculele cu viteză mai mare ar dispărea, alte molecule ar căpăta viteza critică (aceasta este consecința repartizării vitezei între particulele unui gaz), fapt în urma căruia noi și noi particule din învelișul atmosferei s-ar strecura în spațiul cosmic, fără a se mai întoarce. Într-un interval de timp destul de lung, dar infim în raport cu Universul, întreaga atmosferă va părăsi un corp ceresc cu o forță de atracție atît de mică.

Se poate demonstra pe cale matematică faptul că atunci cînd viteza medie a moleculelor din atmosfera unei planete este, să zicem, chiar de trei ori mai mică decât viteza limită (adică, în cazul Lunei este de  $2\,360 : 3 = 790$  m/sec), această atmosferă, în cursul cîtorva săptămîni, trebuie să se irosească pe jumătate. (Atmosfera unui corp ceresc se poate menține stabilă numai cu condiția ca viteza medie a moleculelor ei să fie mai mică decât o cincime din viteza limită.)

Unii au „prezis“ că, atunci cînd oamenii de pe Pământ vor ajunge pe Lună și o vor cuceri, ei vor putea să înconjoare Luna cu atmosferă artificială, făcînd-o astfel aptă de locuit. În urma celor expuse, cititorii își vor da seama că această idee este de domeniul fanteziei. Faptul că satelitul nostru este lipsit de atmosferă nu constituie o întîmplare

sau un capriciu al naturii, ci consecința firească a legilor fizicii.

Este, de asemenea, limpede și faptul că motivele care exclud existența atmosferei pe Lună condiționează în același fel inexistența ei în general pe toate corpurile din Univers cu o forță de gravitate mai mică, cum sînt asteroizii și majoritatea sateliților planetelor <sup>1</sup>

## Dimensiunile Lunei

Firește, despre acest lucru ne vorbesc cu deosebită precizie următoarele date : mărimea diametrului Lunei (3 500 km),

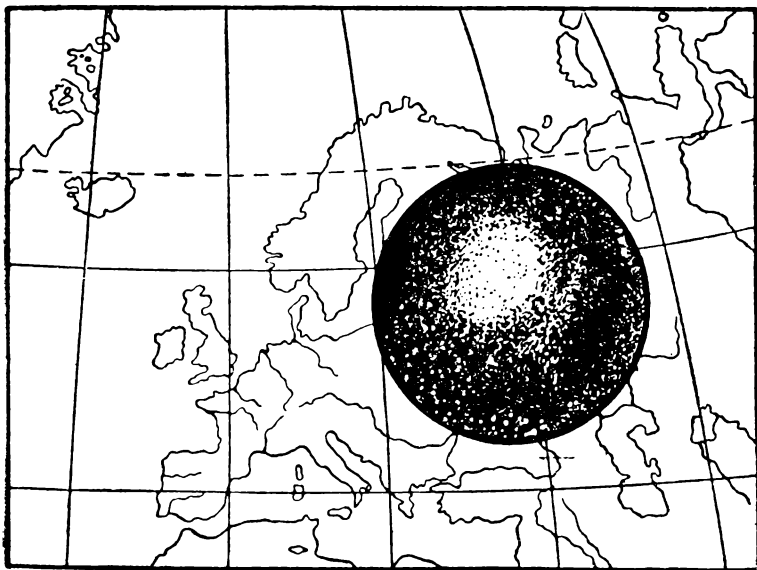


Fig 40 Dimensiunile Lunei în comparație cu Europa. (De aici nu se poate deduce că suprafața Lunei este mai mică decît cea a Europei.)

<sup>1</sup> În anul 1948, astronomul I. N. Lipski a stabilit existența probabilă a unor urme de atmosferă pe Lună. Masa totală a atmosferei Lunei poate constitui cel mult a suta mia parte din atmosfera Pămîntului (n. red. sov.).



suprafața și volumul ei. Totuși, cifrele, atât de indispensabile în calcule, nu ne pot da imaginea vizuală a dimensiunilor pe care ne-o pretinde imaginația. Este util să recurgem la comparații concrete.

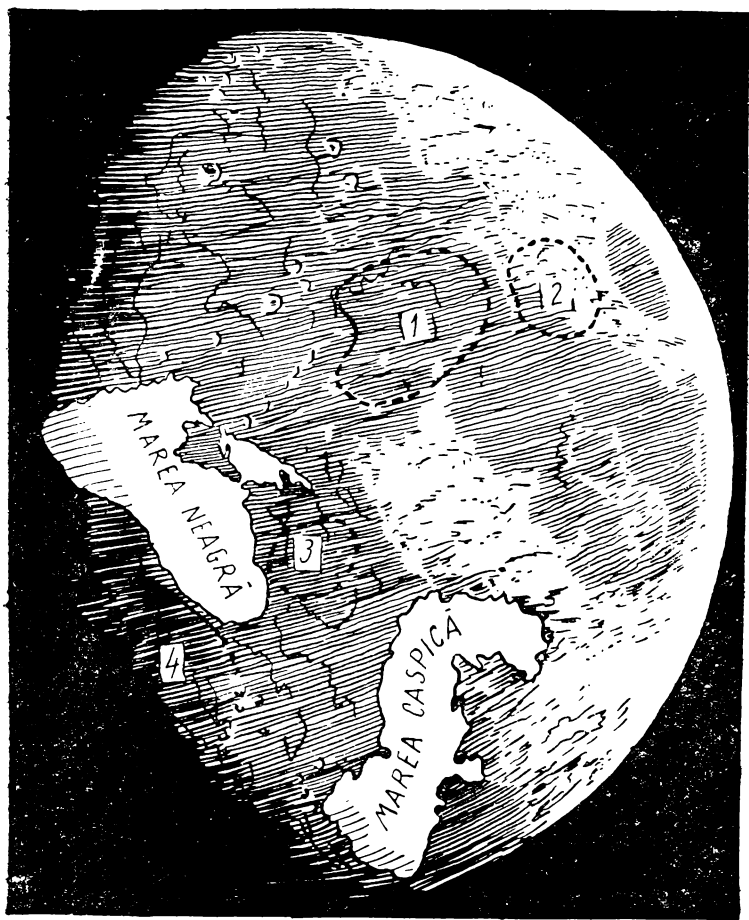


Fig. 41 Mările terestre în comparație cu „mările” de pe Lună. Marea Neagră și Marea Caspică transpuse pe Lună ar depăși în suprafață oricare „mare” a Lunii. (Cifrele reprezintă : 1 - Marea Norilor, 2 - Marea Umidității, 3 - Marea Aburilor, 4 - Marea Seninătății).

Să comparăm continentul Lunei (căci Luna constituie în totalitate un continent) cu continentele globului pămîntesc (fig. 40). Această metodă va fi mai convingătoare decît afirmaţia abstractă că suprafaţa totală a Lunei este de 14 ori mai mică decît suprafaţa Pămîntului. Suprafaţa satelitului nostru, socotită în kilometri pătraţi, este cu puţin mai mică decît suprafaţa celor două Americi. Partea întoarsă către Pămînt a Lunei şi care este accesibilă cercetărilor noastre este aproape egală cu suprafaţa Americii de Sud.

Pentru a ne da seama în mod concret de dimensiunile „mărilor” de pe Lună, am introdus pe harta Lunei (fig. 41), la aceeaşi scară de proporţii, contururile Mării Negre şi ale Mării Caspice. Se observă imediat că „mările” de pe Lună nu sînt prea mari, deşi ele ocupă o bună parte a discului. *Marea Seninătăţii*, de exemplu ( $170\,000\text{ km}^2$ ), este aproximativ de  $2\frac{1}{2}$  ori mai mică decît Marea Caspică.

În schimb, şirurile de munţi inelari de pe Lună reprezintă uneori adevăraţi giganţi, cum nu există pe Pămînt. De pildă, cercul Grimaldi deţine o suprafaţă mai mare decît cea a lacului Baikal. În interiorul acestor munţi ar putea să se încadreze în întregime un stat mai mic, cum este Belgia sau Elveţia.

## Peisajele de pe Lună

Au fost atît de des redată în diferite cărţi fotografii ale scoarţei Lunei, încît caracteristica particularităţilor reliefului ei — munţi inelari (fig. 42), „cratere” (circuri) — sînt desigur cunoscute fiecărui cititor. Este foarte posibil că unii au privit munţii de pe Lună printr-o lunetă ; în acest scop este suficient o lunetă cu un obiectiv de 3 cm diametru.

Dar nici fotografiile şi nici ceea ce se observă prin telescop nu ne pot da imaginea pe care ar avea-o cineva aflîndu-se *chiar pe Lună*. Găsindu-ne în imediata apropiere a munţilor de pe Lună, i-am vedea cu totul altfel decît prin telescop. Una e să priveşti un obiect de la o mare înălţime, şi altceva este să-l vezi lateral, din apropiere. Vom arăta în cîteva exemple în ce constă această deosebire. Muntele Eratosthene se vede de pe Pămînt ca un val, în formă de inel, avînd în mijloc un vîrf. În telescop, acest munte se profilează pu-

ternic în relief, datorită umbrelor întunecate și precise. Priviți-l însă în profil (fig. 43); observați că, în comparație cu diametrul uriaș al craterului — 60 km, înălțimea valului și a conului interior este extrem de mică; povârnișul lin al



Fig. 42 Munți inelari tipici pe Lună.

coastelor muntelui face ca înălțimea lui să pară și mai neînsemnată.

Imaginați-vă că colindați prin interiorul acestui crater și nu uitați că diametrul lui este egal cu distanța dintre lacul

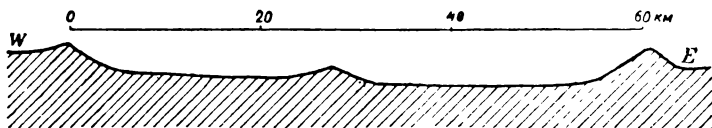


Fig. 43 Profilul unui mare munte inelar.

Ladoga și Golful Finic. Aproape că nu veți observa forma inelară a valului; afară de aceasta, forma bombată a terenului va face invizibilă partea de jos a muntelui, deoarece orizontul pe Lună este de două ori mai îngust decât ori-

zontul Pământului (corespunzător cu diametrul de patru ori mai mic al Lunei). Pe Pământ, un om de statură mijlocie, stînd pe un teren drept, poate vedea în jurul său pe o rază de cel mult 5 km. Acest lucru reiese din formula distanței orizontului :

$$D = \sqrt[3]{2Rh},$$

în care D este distanța, h — înălțimea la care se află ochiul față de Pământ, R — raza planetei, toate exprimate în kilometri.

Substituind în formulă cifrele respective pentru Pământ și Lună, aflăm că pentru un om de statură mijlocie distanța orizontului :

pe Pământ este de 4,8 km,

pe Lună „ „ 2,5 „

Priveliștea înfățișată cuiva care s-ar afla în interiorul unui „crater“ pe Lună o putem vedea în figura 44. (Pei-



Fig. 44 Priveliștea pe care ar vedea-o un observator aflat în centrul unui munte inelar.

sajul reprezintă un alt mare crater de pe Lună — craterul lui Arhimede.) Se vede că întinderea dreaptă cu un lanț de coline la orizont nu prea seamănă cu ceea ce se înțelege în mod obișnuit prin cuvintele „crater lunar“.

Dacă cineva s-ar posta pe cealaltă parte a valului, în afara craterului, ar fi de asemenea surprins de cele ce vede. Panta exterioară a muntelui inelar (fig. 43) este atît de lină, încît nu pare cîtuși de puțin să fie un munte, iar, ceea ce este mai important, nimeni nu ar putea crede că dealul ce se ridică în fața lui este un munte inelar care formează în interiorul său o depresiune circulară. În acest scop ar trebui să escaladezi vîrfurile muntelui, dar, cum am mai spus, un alpinist de pe Lună nu va afla nici aici ceva deosebit.

În afară de munți uriași inelari, Luna mai are și o sumedenie de „cratere” mărunte, care pot fi cuprinse ușor cu privirea, chiar dacă ne-am afla în imediata apropiere a lor. Înălțimea lor e însă neînsemnată; pentru un spectator nu s-ar găsi nimic deosebit, care să-i atragă privirea. În schimb, unele vîrfuri de munți ai Lunei, care poartă denumiri de munți pămînteni (Alpi, Caucaz, Apenini etc.), rivalizează în înălțime cu cei de pe Pămînt, atîngînd 7—8 km. Pe globul relativ mic al Lunei, ei au un aspect impunător.

Lipsa atmosferei pe Lună, fapt care face ca umbrele să fie mai pronunțate aici, creează — cu ocazia observațiilor telescopice — o iluzie vizuală extrem de interesantă; cele mai neînsemnate ridicături ale scoarței sînt exagerate și se profilează în relief mai intens. Puneți o jumătate de bob de mazăre cu partea bombată în sus. Cît este de mare această jumătate de bob de mazăre? Totuși, priviți (fig. 45) cît de lungă este umbra pe care o lasă. Cînd un corp pe Lună primește lumină dintr-o parte, umbra pe care o lasă are uneori o lungime de 20 de ori mai mare decît înălțimea corpului respectiv. Această constatare a servit astronomilor: mulțumită lungimii umbrelor au putut fi observate pe Lună, prin telescop, corpuri care au o înălțime de numai 30 m. Aceeași împrejurare, însă, ne face să exagerăm variațiunile de teren de pe Lună. Muntele Pico, de pildă, se profilează cu atîta proeminență în telescop, încît fără să vrei și-l imaginezi ca o stîncă ascuțită și abruptă (fig. 46). De altfel, la început, așa s-a crezut că arată. Privindu-l însă de pe suprafața Lunei,



Fig. 45 Jumătatea unui bob de mazăre luminată pieziș lasă o umbră foarte lungă.

ați vedea o cu totul altă priveliște : ceea ce reprezintă figura 47.

În schimb, alte particularități ale reliefului Lunei sînt sub-



Fig. 46 Muntele Pico văzut prin telescop pare a fi abrupt și ascuțit.

apreciate de noi. Prin telescop observăm pe suprafața ei crăpături abia vizibile și ni se pare că ele nu au un rol prea



Fig. 47 Văzut de pe Lună, muntele Pico are pante line.

mare în peisajul Lunei. Transferîndu-ne, însă, pe suprafața satelitului nostru, la aceste locuri, am vedea la picioarele noastre o prăpastie care se întinde departe, dincolo de linia

orizontului. Încă un exemplu : pe Lună există un așa-numit „Perete drept” — un prag vertical de stîncă. Privind acest



Fig. 48 Așa-numitul „Perete drept” de pe Lună (văzut cu telescopul).



Fig. 49 Cum arată „Peretele drept” văzut de cineva care s-ar afla la poalele lui.

perete pe hartă (fig. 48), uităm că el are 300 m înălțime ; dacă ne-am afla la poalele acestui perete stîncos, am fi uimiți

de imensitatea lui. În figura 49, desenatorul a încercat să prezinte acest perete vertical, văzut de jos : capătul lui se pierde undeva departe, dincolo de orizont ; el are o lungime



Fig. 50 O „crăpătură“ pe Lună, văzută din apropiere.

de 100 km ! Tot astfel și micile crăpături ale scoarței, care se observă pe Lună cu ajutorul unui puternic telescop, trebuie să fie în realitate niște prăpăstii uriașe (fig. 50).

## Cerul Lunei

### O boltă cerească întunecată

Dacă un pămîntean s-ar trezi pe Lună, ceea ce i-ar atrage în primul rînd atenția ar fi trei lucruri neobișnuite :

De la început ar observa culoarea curioasă a bolții cerești, care poate fi văzută pe Lună în timpul zilei : în locul unui cer albastru obișnuit s-ar întinde în fața lui o boltă cerească de o culoare absolut neagră, împresurată cu o sumedenie de stele, distinct vizibile, dar care nu sclipesc, în timp ce Soarele ar străluci în toată splendoarea lui ! Cauza acestui fenomen o constituie inexistența atmosferei pe Lună.

„Bolta albastră a cerului limpede și senin — spune Flammarion în limbajul lui atît de pitoresc — bujorii gingași



ai zorilor, măreția amurgului de seară, frumusețea fermecătoare a pustiurilor, depărtarea orizontului învăluit în ceața câmpiilor și a pajiștilor și voi ape strălucitoare ale lacurilor, care din străvechi timpuri oglindeți îndepărtatul azur al cerului și cuprindeți tot infinitul în adâncurile voastre, existența și întreaga voastră frumusețe depind numai și numai de acel înveliș ușor, care se așterne deasupra globului pământesc. Fără el niciuna din aceste priveliști, niciuna din aceste culori splendide nu ar exista. În loc de un cer albastru azuriu, v-ar înconjura un spațiu negru, fără de sfârșit; în locul mărețului răsărit și apus de Soare, zilele ar fi urmate brusc de nopți, fără nici o schimbare deosebită, și, în același fel, nopțile ar fi urmate de zile. În locul amurgului gingaș, când razele Soarelui nu pătrund direct cu lumina lor orbitoare, ar fi luminate puternic numai acele locuri care s-ar găsi direct în bătaia Soarelui, iar restul ar fi scufundat cu totul într-o întunecime de nepătruns."

Este suficientă o cât de infimă rarefiere a atmosferei, pentru ca coloritul albastru al cerului să se închidă, simțitor. Echipajul stratostatului sovietic „Osoaviahim“, care a pierit într-un chip atât de tragic, a văzut deasupra lui, la o înălțime de 21 km, un cer aproape negru. Fantasticul tablou de iluminare a naturii, expus în fragmentul de mai sus, poate fi văzut în realitate pe Lună; cer negru, fără zori și fără amurg, strălucirea orbitoare a locurilor luminate de Soare și întunecimea tot atât de pronunțată, fără semitonuri, a umbrelor.

### Pământul pe cerul Lunei

A doua curiozitate pe Lună o reprezintă discul uriaș al Pământului, suspendat pe cerul ei. Un călător ajuns pe Lună ar rămâne nedumerit văzând globul pământesc *sus* pe cer, știind că l-a lăsat *jos*, în urma sa, când și-a luat zborul.

În Univers, noțiunile de jos și sus diferă pentru fiecare corp ceresc în parte. De aceea nu trebuie să vă mirați, dacă, lăsând Pământul jos, când ați ajunge pe Lună, l-ați vedea totuși sus.

Suspendat pe cerul Lunei, discul Pământului este uriaș. Diametrul lui este aproximativ de patru ori mai mare decât

diametrul discului Lunei văzută de pe Pământ. Acesta este al treilea element surprinzător pe care îl întâmpină un călător pe Lună. Dacă peisajele pămîntene sînt suficient de iluminate în nopțile cu Lună, atunci nopțile pe Lună trebuie să fie neobișnuit de luminoase, deoarece sînt luminate de discul plin al Pământului, de 14 ori mai mare ca discul Lunei. Strălucirea unui corp ceresc luminos nu depinde numai de diametrul lui, ci și de capacitatea de reflecție a suprafeței lui. Din acest punct de vedere, suprafața Pământului depășește de 6 ori pe cea a Lunei<sup>1</sup>; de aceea discul plin al Pământului trebuie să lumineze Luna cu o putere de 90 de ori mai mare decît Luna plină Pământul. În „nopțile cu Pământ plin“, pe Lună s-ar putea citi tipărituri scrise cu litere mici. Lumina pe care o răsfrînge Pământul asupra Lunei este atît de puternică, încît ea ne permite să identificăm, de la o distanță de 400 000 km, acea parte a Lunei care se află sub imperiul nopții și care se face vizibilă printr-o strălucire neclară în interiorul semilunei înguste; ea poartă denumirea de „lumina cenușie“ a Lunei. Închipuiți-vă 90 de Luni pline, revărsînd din cer lumină, și nu uitați că satelitul nostru nu are atmosferă care să absoarbă o parte din lumină, și vă veți forma o oarecare imagine a tabloului feeric pe care-l prezintă peisajele pe Lună, învăluite în strălucirea nocturnă a discului plin al Pământului.

Cineva de pe Lună ar putea oare să deosebească pe discul Pământului contururile oceanelor și ale continentelor? Circulă părerea greșită că Pământul, văzut pe cerul Lunei, seamănă cu un glob asemănător celui folosit ca material didactic. Tot astfel îl prezintă și desenatorii cînd redau un tablou al spațiului cosmic; globul pămîntesc la ei păstrează contururile continentelor, are poli înzăpeziți și alte amănunte

---

<sup>1</sup> Prin urmare, solul Lunei nu este cîtusi de puțin alb, așa cum se presupune de obicei, ci mai curînd negru. Acest lucru nu contravine faptului că Luna strălucește totuși. „Lumina Soarelui, reflectată de un obiect, fie chiar și de culoare neagră, rămîne totuși albă. Dacă Luna ar fi îmbrăcată în catifeaua cea mai neagră, ea ar apărea pe cer tot ca un disc argintiu“ – scrie Tyndal, într-o carte a sa despre lumină. Capacitatea cu care împrășteie Luna razele primite de la Soare se poate compara în medie cu capacitatea de reflecție a rocilor vulcanice de culoare închisă (n. a.).

asemănătoare. Toate acestea sînt de domeniul fanteziei. Privind globul pămîntesc din exterior, nu putem observa detalii de acest fel fără a mai vorbi de nori, care acoperă de obicei jumătate din suprafața Pămîntului. Însăși atmosfera noastră reflectă cu atîta putere razele Soarelui, încît Pămîntul trebuie să fie tot atît de strălucitor și tot atît de inaccesibil vîzului ca și Venus. Astronomul G. A. Tihov, de la Observatorul Pulkovo, care a studiat această problemă, scrie următoarele :

„Privind Pămîntul din spațiul cosmic, am vedea un disc de culoarea cerului alburii și e problematic dacă am identifica unele detalii ale scoarței. Uriașa cantitate de lumină pe care o revarsă Soarele pe Pămînt este dispersată în bună parte în spațiu de către atmosferă și impuritățile sale, înainte de a fi ajuns la suprafața Pămîntului, iar restul de lumină, reflectat chiar de suprafață, își pierde intensitatea datorită unei noi difuzii a luminii în atmosferă.“

Prin urmare, în timp ce Luna își etalează toate detaliile suprafeței sale, Pămîntul nu-și arată fața sa Lunei, și nici întregului Univers, camuflîndu-se sub vîlul strălucitor al atmosferei.

Dar nu numai asta este deosebirea dintre Lună și Pămînt, vorbind bineînțeles despre rolurile lor inversate. Pe cerul nostru Luna răsare și apune, descriindu-și traiectoria o dată cu bolta înstelată. Pe cerul Lunei, Pămîntul nu face o asemenea mișcare. El nu răsare, nu apune și nu participă la procesiunea armonioasă, extrem de lentă a stelelor. El rămîne aproape nemișcat pe cer, deținînd, în raport cu fiecare punct de pe Lună, o poziție anumită, în timp ce stelele *alunecă ușor pe după el*. Aceasta constituie o consecință a acelei particularități de mișcare a Lunei analizată de noi, care constă în faptul că Luna rămîne întoarsă spre Pămînt mereu cu aceeași parte a suprafeței sale. Pentru un observator de pe Lună, Pămîntul rămîne suspendat aproape în nemișcare pe bolta cerească. Dacă planeta noastră se află la zenitul unui crater oarecare de pe Lună, ea nu părăsește niciodată poziția sa și va fi mereu la zenit. Dacă într-un alt punct ea se vede la orizont, pentru acest punct ea va rămîne veșnic la orizont. Doar librațiile Lunei, despre care am mai vorbit, strică într-o oarecare măsură această imobilitate. Bolta cerească

efectuează lent mișcarea sa de rotație prin spatele discului Pământului, într-un interval egal cu  $27\frac{1}{3}$  de zile ; Soarele face înconjurul cerului în  $29\frac{1}{2}$  de zile ; planetele se mișcă și ele într-un chip asemănător, și numai Pământul rămîne aproape nemișcat pe cerul de culoare neagră.

Rămînînd pe același loc, Pământul se rotește cu repeziciune în jurul axei sale într-un interval de 24 ore, iar dacă atmosfera noastră ar fi transparentă, Pământul ar fi putut servi viitorilor pasageri de pe navele interplanetare drept un admi-

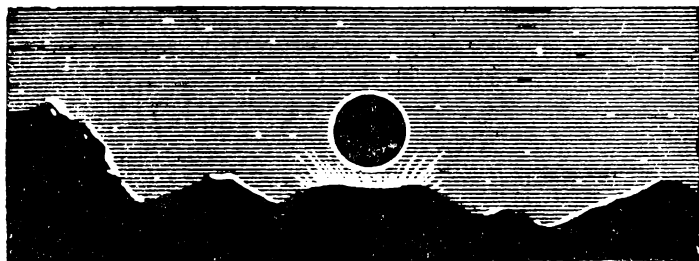


Fig. 51 „Pămînt nou“ pe Lună. Discul întunecat al Pământului este încercuit cu inelul luminos al atmosferei lui.

tabil ceasornic ceresc. În afară de aceasta, Pământul are aceleași faze prin care trece Luna pe bolta noastră cerească. Deci, planeta noastră nu luminează de pe cerul Lunei mereu cu aceeași suprafață a discului ; ea apare cînd în formă de semicerc, cînd în formă de seceră, fie mai plină, fie mai îngustă, cînd în formă de cerc incomplet, avînd în vedere că partea Pământului, luminată de Soare și întoarsă spre Lună, nu rămîne mereu aceeași. Dacă veți schița poziția pe care o dețin Soarele, Pământul și Luna, luate fiecare în raport una față de cealaltă, vă veți convinge cu ușurință că Pământul și Luna trebuie să se afle reciproc în faze *inverse*.

Cînd la noi este Lună nouă, un observator de pe Lună trebuie să vadă discul plin al Pământului — „Pămînt plin“ ; dimpotrivă, cînd aici avem Lună plină, pe Lună este „Pămînt nou“ (fig. 51). În timp ce la noi privim secera subțire a Lunei noi, pe Lună poate fi contemplat Pământul în descreștere. Remarcăm că porțiunea care descompletează discul

Pământului în descreștere este egală cu semiluna îngustă, văzută în același timp pe cerul nostru. Totuși, fazele Pământului nu se profilează în aceeași măsură cu cele ale Lunei ; atmosfera noastră șterge hotarul luminii, creează acea trecere treptată de la noapte la zi și invers.

O altă deosebire între fazele Lunei și cele ale Pământului constă în următoarele :

Pe Pământ nu putem vedea Luna nouă din prima zi a existenței ei. Cu toate că în acel moment, de obicei, ea se află mai sus sau mai jos de Soare (uneori la  $5^\circ$ , adică la o distanță egală cu de 10 ori diametrul său), astfel încât marginea îngustă a globului Lunei, luminată de Soare, ar putea fi vizibilă, ea rămâne totuși inaccesibilă ochilor noștri ; lumina modestă a firicelului argintiu al semilunei este copleșită de strălucirea Soarelui. În general, observăm Luna nouă abia după două zile de la apariția ei, când apucă să se distanțeze suficient de Soare ; în cazuri rare (primăvara) o vedem după o singură zi. Nu se petrece același lucru cu „Pământul nou“ pe Lună ; acolo nu există atmosferă care să disperseze razele Soarelui și care să creeze o aureolă. Acolo stelele și planetele nu dispar în lumina Soarelui, ci se profilează clar pe cer, în imediata apropiere a lui. De aceea, când Pământul nu se află chiar în fața Soarelui (adică nu în timpul unei eclipse), ci puțin mai jos sau mai sus de acesta, el se vede în permanență pe cerul negru înstelat al satelitului nostru în forma unui semicerc subțire cu capetele îndreptate în direcția opusă Soarelui (fig. 52). Pe măsură ce Pământul se distanțează de Soare, spre stînga, ai impresia certă că semicercul se rostogolește tot spre stînga.

Un fenomen asemănător cu cel descris mai sus poate fi văzut dacă privim Luna printr-o lunetă nu prea mare ; când

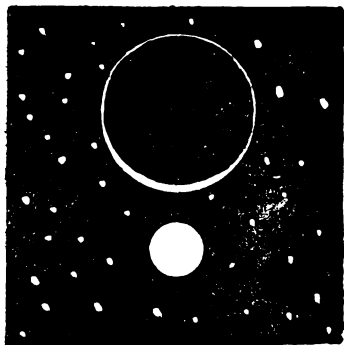


Fig. 52 „Pământ nou“ pe cerul Lunei : discul alb de dedesubt este Soarele.

este Lună plină, discul satelitului nostru nu ne apare în fața ochilor sub forma unui cerc rotund ; deoarece centrul Lunei, centrul Soarelui și ochiul observatorului nu sînt situate pe aceeași dreaptă, din suprafața completă a discului Lunei lipsește o fîșie îngustă, care alunecă în întuneric spre stînga alături de marginea discului luminat pe măsură ce Luna se distanțează spre dreapta. Pămîntul și Luna, însă, prezintă mereu, una în raport cu cealaltă, faze opuse ; pentru acest

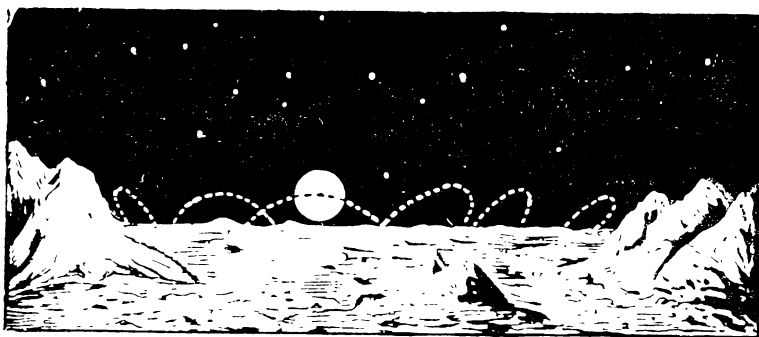


Fig. 53 Mișcările lente ale pămîntului în apropierea orizontului unor puncte de pe Lună, o consecință a librației. Liniile punctate reprezintă linia parcursă de centrul Pămîntului.

motiv, în momentul descris mai sus, un observator de pe Lună ar trebui să vadă semicercul îngust al „Pămîntului nou“.

Am remarcat în treacăt că librațiile Lunei fac ca Pămîntul să nu rămînă absolut imobil pe cerul ei ; el oscilează față de poziția sa medie în direcția nord-sud cu aproximativ  $14^\circ$ , iar în direcția est-vest cu  $16^\circ$ . Pentru locurile de pe Lună, unde Pămîntul se vede la orizont, s-ar crea impresia că el uneori apune, pentru ca după o scurtă vreme să răsară din nou, descriind astfel interesante linii curbe (fig. 53). Acest original apus sau răsărit al Pămîntului, numai într-un singur loc al orizontului, fără înconjurul întregii bolți cerești, poate dura aici timp de mai multe zile pămîntene

La tabloul bogat al cerului Lunei vom mai adăuga încă o priveliște cerească, denumită *eclipsă*. Pe Lună se pot observa două feluri de eclipse : de Soare și de „Pământ“. Eclipsele de Soare pe Lună nu seamănă cu cele pe care le cunoaștem noi, aici, pe Pământ. Totuși, ele sînt de mare efect. Aceste eclipse au loc pe Lună în momentul cînd pe Pământ avem eclipsă de Lună, deoarece în acest timp Pămîntul se așază pe linia care unește centrele Soarelui și Lunei. Satelitul nostru

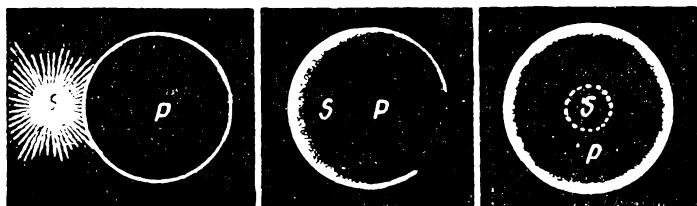


Fig. 54 Fazele eclipsei de Soare pe Lună : Soarele „S“ trece treptat în spațele Pămîntului „P“, care rămîne suspendat în nemișcare pe cerul Lunei.

se află, în această clipă, în interiorul umbrei pe care o lasă globul pămîntesc. Cine a văzut Luna într-o astfel de eclipsă, știe că ea nu este complet lipsită de lumină și nu dispăre din văzul nostru ; ea poate fi văzută de obicei în lumina razelor *roșii-vișinii* care pătrund în interiorul umbrei pămîntului. Dacă ne-am transporta în acest moment pe Lună și am privi de acolo Pămîntul, am înțelege imediat de unde vine această lumină roșiatică ; în timpul unei eclipse, Pămîntul, postîndu-se în fața Soarelui și acoperindu-l (pe cerul Lunei Soarele este mult mai mic ca Pămîntul), el apare ca un disc negru încercuit de marginea roșiatică a atmosferei sale. Această margine luminează cu acea lumină roșiatică Luna cufundată în umbră.

Eclipsele de Soare văzute de pe Lună nu durează cîteva minute, ca cele de pe Pământ, ci peste 4 ore, tot atît cît durează eclipsele de Lună pe Pământ. În definitiv, ele sînt identice cu eclipsele noastre de Lună și le putem considera ca atare, cu singura deosebire că ele pot fi văzute de pe Lună și nu de pe Pământ.

În ceea ce privește eclipsele de „Pămînt“, ele sînt atît de neînsemnate, încît aproape că nu merită denumirea de eclipse. Ele au loc în clipa cînd pe Pămînt sînt eclipsele de Soare. „Locuitorii“ Lunei ar putea vedea în acest timp pe marele disc al Pămîntului un cerc negru mic, care se mișcă și care ar reprezenta acele fericite regiuni de pe Pămînt de unde se poate contempla o eclipsă de Soare.

Trebuie să remarcăm faptul că eclipse de felul eclipselor de Soare vizionate pe Pămînt nu pot fi observate în nici un alt loc din sistemul nostru planetar. Această priveliște excepțională o datorăm unei circumstanțe întîmplătoare : Luna, care acoperă Soarele în timpul unei eclipse, se află mai aproape de noi decît Soarele exact de atîtea ori, de cîte ori diametrul Lunei este mai mic decît cel al Soarelui. O asemenea coincidență nu se mai repetă la nici o altă planetă.

### Pentru ce urmăresc astronomii eclipsele ?

Mulțumită circumstanței mai sus-amintite, umbra conică lungă, pe care o tîrăște în permanență după sine satelitul nostru, ajunge exact pînă la suprafața Pămîntului (fig. 55). De fapt, lungimea *medie* a umbrei conice a Lunei este mai mică decît distanța *medie* dintre Lună și Pămînt. Deci, dacă nu am avea decît valori medii, am ajunge la concluzia că pe Pămînt nu pot avea loc eclipse totale de Soare. În realitate au loc datorită faptului că Luna se mișcă în jurul Pămîntului pe o elipsă și în unele părți ale orbitei se găsește cu 42 200 km mai aproape de suprafața Pămîntului decît în celelalte : distanța între Lună și Pămînt variază între 356 900 și 399 100 km.

Alunecînd pe suprafața Pămîntului, vîrfurile umbrei lăsate de Lună schițează pe această suprafață „zona de vizibilitate a eclipsei de Soare“. Lățimea acestei zone este de maximum 300 km, așa încît numărul de oameni din centrele populate, care sînt favorizate de a admira priveliștea unei eclipse de Soare, este de fiecare dată destul de limitat. Dacă mai adăugăm la aceasta și faptul că durata unei eclipse de Soare se reduce la cîteva minute (maximum 8), vom vedea că o eclipsă totală de Soare este un fenomen extrem de rar.



Pentru fiecare punct dat al globului pămîntesc, o priveliște de acest fel poate fi văzută o dată la două-trei sute de ani.

De aceea, savanții „vînează“ pur și simplu eclipsele de Soare, organizînd expediții speciale în acele locuri ale globului pămîntesc, adeseori foarte îndepărtate, de unde pot observa acest fenomen. Eclipsa de Soare din anul 1936 (19 iunie) s-a manifestat ca eclipsă totală numai pe teritoriul Uniunii Sovietice, și de dragul vizionării, timp de două minute a acestui fenomen, au sosit în U.R.S.S. 70 de savanți

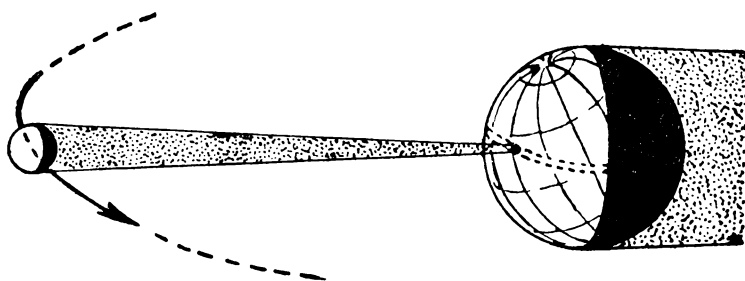


Fig. 55 Virful conului de umbră purtată de Lună alunecă pe suprafața pămîntului ; prin locurile pe unde trece are loc o eclipsă de Soare.

din zeci de state diferite. Tot atunci, lucrările a patru expediții au fost zădărnicate, din cauza timpului noros. Lucrările astronomilor sovietici în scopul observării acestei eclipse au fost de o amploare extraordinară. În zona eclipsei totale au fost trimise circa 30 de expediții sovietice.

În anul 1941, deși era război, Guvernul Sovietic a organizat o serie de expediții, care au fost plasate de-a lungul zonei de eclipsă totală, de la Lacul Ladoga și pînă la Alma-Ata. În anul 1947, o expediție sovietică a fost trimisă în Brazilia, pentru a observa eclipsa totală care a avut loc la 20 mai. O deosebită amploare s-a dat în U.R.S.S. lucrărilor de cercetare a eclipselor totale de Soare din 25 februarie 1952 și 30 iunie 1954.

Eclipsele de Lună, deși au o periodicitate de 1,5 ori mai mică decît eclipsele de Soare, *se observă* mult mai des. Acest paradox astronomic are o explicație extrem de simplă.

Eclipsa de Soare poate fi văzută de pe planeta noastră numai într-o zonă limitată, unde Luna acoperă Soarele ; în

limitele acestei zone, eclipsa de Soare pentru unele puncte este totală, pentru altele este parțială (adică numai o parte a Soarelui este umbrită). Momentul în care se produce eclipsa de Soare diferă și el de la loc la loc, nu pentru că ar exista diferențe în calculul de timp, ci pentru faptul că umbra Lunei se deplasează pe suprafața Pământului și acoperă diferite puncte ale acestuia la momente de timp diferite.

Eclipsa de Lună se petrece cu totul altfel. Ea poate fi văzută simultan de pe întreaga jumătate a globului pământesc, de unde poate fi văzută în acel moment Luna ; cu alte cuvinte, atunci când Luna se află deasupra orizontului. Fazele consecutive ale eclipsei de Lună se desfășoară pentru toate punctele de pe suprafața Pământului în același moment, deosebirea este condiționată doar de calculul timpului.

Iată de ce astronomul nu „vînează” eclipsele de Lună ; ele vin singure la dînsul. Pentru a „prinde” însă o eclipsă de Soare, este nevoie uneori să faci călătorii îndepărtate. Astronomii organizează expediții pe insulele tropicale, de parte spre răsărit sau spre apus, numai pentru a vedea, timp de cîteva minute, acoperirea discului solar de către discul negru al Lunei.

Se pune întrebarea dacă are vreun sens să se organizeze expediții atît de costisitoare pentru cercetări de durată atît de scurtă. Nu s-ar putea efectua aceleași cercetări, fără a mai aștepta ocazia când Luna acoperă Soarele ? De ce astronomii nu recurg la o eclipsă artificială a Soarelui, acoperind în telescop discul Soarelui cu un cerc opac ? S-ar părea că, în aceste condițiuni, se poate cerceta fără prea multă bătaie de cap partea periferică a Soarelui, care interesează atît de mult pe astronomi în timpul eclipselor.

Cu toate acestea, o eclipsă artificială de Soare nu poate oferi aceleași rezultate ca cele ce se obțin în timpul cercetărilor unei eclipse reale. Explicația este următoarea : razele Soarelui, înainte de a ajunge la noi, trec prin atmosfera Pământului și sînt difuzate aici de către particulele de aer. Acesta este motivul pentru care cerul ne apare în timpul zilei de culoare albastră și nu de culoare neagră, împînzit de stele, așa cum ne-ar apărea și în timpul zilei, dacă nu ar exista atmosferă. Acoperind Soarele cu un cerc opac, privirea

noastră cuprinde totuși imensitatea bolții cerești. Deși razele directe ale Soarelui nu mai ajung la ochiul nostru, atmosfera de deasupra noastră continuă să rămână inundată de lumina Soarelui și difuzează mai departe razele lui, întunecînd stelele. Acest lucru nu se petrece dacă ecranul de camuflare a Soarelui se află dincolo de atmosferă. Luna reprezintă un astfel de ecran care se găsește față de Pămînt la o depărtare de o mie de ori mai mare decît extremitatea practică a atmosferei noastre. Razele Soarelui sînt reținute de acest ecran înainte de a pătrunde în atmosfera Pămîntului, pentru care motiv în zona eclipsei de Soare nu mai are loc difuzia luminii. Totuși, în regiunile umbrite mai pătrund cîteva raze de Soare, care sînt reflectate de regiunile luminoase învecinate, și de aceea într-o eclipsă totală cerul nu este atît de negru ca la miezul nopții; numai cele mai strălucitoare stele pot fi văzute în timpul eclipsei totale.

Care sînt problemele pe care le abordează astronomii în timpul unei eclipse totale de Soare? Vom menționa cele mai importante dintre ele.

Prima — cercetarea fenomenului de „inversiune” a liniilor spectrale în învelișul exterior al Soarelui. Liniile spectrului solar, care, în condițiuni obișnuite, sînt întunecoase pe fîșia luminoasă a spectrului, în momentul acoperirii totale a discului Soarelui de către Lună devin pentru cîteva clipe luminoase pe fondul negru: spectrul de absorbție se transformă într-un spectru de emisiune. Acesta este așa-numitul „spectru fulger”. Acest fenomen, care oferă un material atît de prețios în stabilirea naturii învelișului exterior al Soarelui, ar putea fi cercetat în anumite împrejurări, fără a mai aștepta eclipsele de Soare. Cu toate acestea, pentru că el se manifestă cu atîta claritate în timpul eclipselor, astronomii se străduiesc să nu piardă o astfel de ocazie.

A doua problemă este cercetarea *coroanei solare*. Vizibilitatea coroanei constituie un fenomen dintre cele mai interesante care pot fi urmărite în timpul unei eclipse de Soare: în jurul discului absolut negru al Lunei, împrejmuit de erupțiile de foc („protuberanțe”) ale învelișului exterior al Soarelui, strălucește o aureolă de mărgăritar, care la fiecare eclipsă capătă forme și dimensiuni diferite (fig. 56). Razele foarte lungi ale acestei aureole adesea depășesc diametrul Soarelui

de câteva ori, în timp ce strălucirea lor atinge, în mod obișnuit, doar jumătate din strălucirea Lunei pline.

În timpul eclipsei din anul 1936, coroana solară a avut o strălucire excepțională, depășind strălucirea Lunei pline, ceea ce se întâmplă foarte rar. Razele lungi, oarecum șterse, ale coroanei se prelungeau pe o distanță de peste trei ori mai mare ca diametrul Soarelui; coroana, în întregime, avea aspectul unei stele cu cinci colțuri, al cărui centru era blocat de discul întunecat al Lunei.

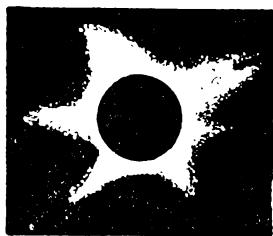


Fig. 56 În momentele totalității unei eclipse totale de Soare, în jurul discului întunecat al Lunei, se observă „coroana solară”.

Până în prezent nu s-a elucidat în mod definitiv de ce natură este coroana solară. Astronomii, în timpul eclipselor, fotografiază coroana, măsoară strălucirea ei, îi cercetează spectrul. Toate acestea contribuie la studiul constituției sale fizice.

Cea de-a treia problemă, abordată numai în ultimele decenii, constă în verificarea unei consecințe a teoriei generale a relativității generalizate. Potrivit teoriei relativității, razele stelelor, trecând prin vecinătatea Soarelui, sub puternica influență a forței de atracție a acestuia, suferă o deviere care trebuie să se constate prin deplasarea aparentă a stelelor în apropierea discului solar (fig. 57). Verificarea acestei consecințe este posibilă numai în momentele eclipselor totale de Soare.

Măsurătorile efectuate în timpul eclipselor din anii 1919, 1922, 1926 și 1936 nu au dat rezultate hotărâtoare, iar problema confirmării experimentale a sus-amintitei consecințe a teoriei relativității rămîne deschisă și în zilele noastre<sup>1</sup>.

Acestea sînt scopurile pentru care astronomii își părăsesc observatorul lor, plecînd pe meleaguri îndepărtate, uneori lipsite de ospitalitate, spre a observa eclipsele de Soare.

---

<sup>1</sup> Devierea propriu-zisă s-a confirmat, dar nu a fost stabilită concordanța cantitativă deplină cu teoria. Cercetările prof. A. A. Mihailov au dus la necesitatea revizuirii, din anumite puncte de vedere, a însăși teoriei acestui fenomen (n. a.).

În ceea ce privește însăși priveliștea pe care o reprezintă o eclipsă totală de Soare, există în literatura beletristică sovietică o descriere minunată a acestui fenomen rar al naturii<sup>1</sup>. Dăm un fragment din această povestire cu omisiuni lipsite de importanță:

„Soarele dispare o clipă într-o pată mare, cețoasă, pentru a apărea apoi, de după nori, cu discul sensibil ciuntit...

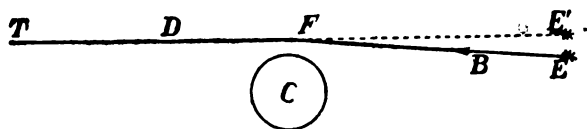


Fig. 57 O consecință a teoriei relativității generalizate – devierea razelor de lumină sub influența forței de atracție a Soarelui. Potrivit teoriei relativității, un observator terestru aflat în punctul „T” vede o stea în punctul E în direcția dreptei TDFE, pe când, în realitate, steaua se află în punctul E și își trimite razele pe linia deviată EBFDT. Dacă nu ar fi Soarele, raza de lumină pornind din steaua E spre punctul T de pe pământ ar parcurge dreapta ET.

Acum se vede cu ochiul liber la ce ajută vaporii transparenti, care încă mai plutesc în aer, făcând mai suportabilă strălucirea orbitoare.

E liniște. Pe ici pe colo se aude cineva respirând greoi și nervos...

Trece o jumătate de oră. Ziua este aproape tot așa de luminoasă ca și pînă acum, norii vin și pleacă, lăsînd în urma lor Soarele, care, sub forma unei seceri, plutește în adîncurile înălțimilor.

Printre tineri domnește o înviorare și o curiozitate lipsită de griji.

Bătrînii respiră sacadat, bătrînele oftează într-un fel cam isteric, iar unii aproape că se vaietă și se jelesc, de parcă i-a apucat durerea de dinți.

<sup>1</sup> Este vorba de povestirea „Eclipsa” de V. G. Korolenko, care se referă la eclipsa ce a avut loc în luna august a anului 1887. Observarea eclipsei a fost făcută de pe malul fluviului Volga, în orașul Iurevto (n. a.).

Ziua începe să se întunece simțitor. Fețele oamenilor iau o înfățișare de teamă, umbrele lor se profilează pe pământ, palide, neclare. În josul apei trece un vapor, ca o fantomă. Contururile lui nu mai sînt precise, au pierdut claritatea culorilor. Cantitatea de lumină descrește; deoarece lipsesc umbrele înguste ale serii, lipsește jocul de lumină reflectat în straturile de jos ale atmosferei. Acest amurg pare nefiresc și curios. Ai impresia că peisajul se topește încet, iarba își pierde culoarea ei verde, dealurile nu mai sînt masive.

Totuși, atîta timp cît pe cer mai rămîne secera îngustă a Soarelui, mai dăinuie imaginea unei zile mai întunecoase, iar eu credeam că ceea ce se spune despre întunecimea din timpul unei eclipse sînt exagerări. E posibil oare ca această neînsemnată luminiță din Soare, rămasă încă pe cer, ca o ultimă lumînare uitată în uriașul Univers, să aibă atîta importanță?

Iată că luminița a dispărut. A mai făcut o ultimă sforțare, smulgîndu-se parcă cu forța de după perdeaua neagră, și a mai trimis o ultimă picătură din lumina ei, ca apoi să se stingă. În aceeași clipă s-a așternut pe pământ un întuneric de nepătruns. Am prins momentul cînd în toiul amurgului, s-a strecurat umbra neagră a nopții. Ea s-a ivit la sud și, ca un coviltir uriaș, s-a așternut cu repeziciune peste dealuri, rîuri și cîmpii, cuprinzînd întreaga boltă cerească, ne-a învăluit pe toți și într-o clipă a coborît spre orizontul de la nord. Acum mă aflam jos, pe bancul de nisip, privind spre mulțime. Acolo domnea o liniște mormîntală... Figurile oamenilor se contopeau într-o singură masă întunecoasă...

Aceasta nu era însă o noapte obișnuită. Era atîta lumină, încît ochii, fără voie, căutau discul argintiu al Lunei. Dar pe cer nu strălucea nimic; cerul nu se lumina de nicăieri. Părea că o cenușă transparentă și ușoară, inaccesibilă ochiului, s-a revărsat deasupra Pămîntului, sau că în aer stătea în suspensie o plasă fină și deasă. În același timp, acolo, departe, în părțile laterale ale straturilor superioare sînt adîncurile îndepărtate și luminoase ale înălțimilor văzduhului, care răzbat în întunericul nostru, contopindu-i umbrele și lipsindu-l de forma și desimea lui. Iar peste această panoramă ciudată și confuză a naturii aleargă norii, în mijlocul

căroră se dă o luptă acerbă... Corpul rotund, întunecos și vătămător s-a înfipt ca un păianjen în Soarele luminos gonind în înălțimile cerului. Deodată o lumină curioasă, care se revarsă în scipiri schimbătoare de după cercul întunecos, dă priveliștii mobilitate și viață, iar norii intensifică această iluzie, prin goana lor descumpănită și fără zgomot.“

Eclipsele de *Lună* nu prezintă pentru astronomii contemporani același interes pe care-l au eclipsele de Soare. Strămoșii noștri găseau în eclipsele de *Lună* ocazii potrivite spre a se convinge de forma sferică a Pământului. Este instructiv să amintim aici rolul pe care l-a avut această dovadă în istoria înconjurului lumii, săvârșit pe apă de Magellan. Atunci când, după o călătorie îndelungată și istovitoare de-a lungul apelor pustii ale Oceanului Pacific, pe marinari i-a cuprins disperarea crezînd că s-au îndepărtat de uscat în imensitatea nesfîrșită a apei fără putință de întoarcere, singur Magellan nu și-a pierdut curajul. „Cu toate că biserica susținea în permanență, pe baza scrierilor sfinte, că Pământul este o suprafață dreaptă înconjurată de ape — povestește însoțitorul marelui navigator — Magellan era convins de următorul fapt : în timpul eclipselor de *Lună*, umbra pe care o aruncă Pământul asupra ei este rotundă și se știe că forma umbrei este și forma obiectului care lasă acea umbră...” În cărțile vechi, de astronomie, găsim chiar desene care explică dependența formei pe care o are umbra de pe *Lună*, de forma Pământului (fig. 58).

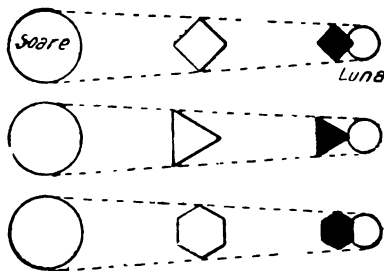


Fig. 58. Un desen din timpuri străvechi care demonstrează că după umbra Pământului aruncată pe discul *Lunei* se poate deduce însăși forma lui.

În prezent nu mai avem nevoie de astfel de dovezi. În schimb, eclipsele de *Lună* ne oferă posibilitatea de a aprecia structura straturilor superioare ale atmosferei *Pământului*, după strălucirea și coloritul *Lunei*. După cum știm, *Luna* nu dispăre fără urmă în umbra Pământului, ci continuă să

rămîină vizibilă datorită razelor solare care pătrund în interiorul umbrei conice. Intensitatea de iluminare a Lunei, precum și nuanțele de culori pe care le are prezintă pentru astronomi un mare interes și au o legătură surprinzătoare cu numărul petelor solare. În afară de aceasta, în ultimul timp, fenomenul eclipselor de Lună este folosit pentru a se măsura viteza de răcire a scoarței Lunei în timp ce este lipsită de căldura Soarelui.

## De ce eclipsele se repetă la fiecare 18 ani ?

Cu mult înainte de era noastră, cercetătorii babiloneni ai cerului au observat că o serie de eclipse — de Lună și de Soare — se repetă la fiecare 18 ani și 10 zile. Această perioadă era denumită „Saros“. Făcînd uz de ea, cei din antichitate preziceau eclipsele fără a ști, însă, cauzele care condiționau această periodicitate atît de exactă și de ce anume „Saros“-ul avea tocmai această durată. Explicația caracterului periodic al eclipselor a fost găsită mult mai tîrziu, în urma studierii minuțioase a mișcărilor Lunei.

Care este timpul de rotație a Lunei pe orbita sa ? Răspunsul la întrebare poate fi diferit, în funcție de momentul în care socotim că Luna și-a închis circuitul în jurul Pămîntului. Astronomii au cinci feluri de luni, dintre care pe noi ne interesează numai două :

1. Așa-numita lună „sinodică“, adică intervalul de timp în decursul căruia Luna săvîrșește pe orbita ei o rotație completă, *această mișcare urmărindu-se de pe Soare*. Perioada de timp se încadrează între două faze egale ale Lunei, spre exemplu de la o Lună nouă la altă Lună nouă. Ea este egală cu 29,5306 zile.

2. Așa-numita lună „draconitică“, adică un interval de timp în care Luna revine la același „nod“ de pe orbita sa („nod“ este punctul de intersecție a orbitei Lunei cu planul orbitei Pămîntului). Durata unei astfel de luni este de 27,2122 zile.

Eclipsele, lucru ușor de înțeles, au loc numai atunci cînd Luna, în fazele ei de Lună nouă sau Lună plină, se găsește



într-unul din nodurile sale ; în acel moment, centrul ei se află pe aceeași dreaptă cu centrul Pământului și al Soarelui. Este evident că dacă eclipsa a avut loc azi, ea trebuie să revină într-o perioadă de timp care să includă un număr întreg de luni sinodice și draconitice : atunci se repetă din nou condițiile care însoțesc eclipsele.

Cum putem găsi aceste intervale de timp ? Pentru asta trebuie să rezolvăm următoarea ecuație :

$$29\ 5306\ x = 27\ 2122\ y$$

unde  $x$  și  $y$  sînt numere întregi.

Luînd-o sub formă de proporție

$$\frac{x}{y} = \frac{272\ 122}{295\ 306}$$

constatăm că soluțiile minime *exacte* ale acestei ecuații sînt :

$$x = 272122, y = 295306$$

Obținem o perioadă de timp uriașă, de zeci de mii de ani, care din punct de vedere practic nu este interesantă. Astro-nomii din antichitate se mulțumeau cu un rezultat *aproxi-mativ*. Metoda cea mai bună pentru obținerea rezultatelor prin aproximație în astfel de cazuri o constituie fracția continuă. Să transformăm fracția

$$\frac{295\ 306}{272\ 122}$$

în fracție continuă. Se procedează în felul următor. Scoatem întregul și atunci avem

$$\frac{295\ 306}{272\ 122} = 1 + \frac{23\ 184}{272\ 122}$$

Împărțim numărătorul și numitorul la numărător :

$$\frac{295\ 306}{272\ 122} = 1 + \frac{1}{11 + \frac{17\ 098}{23\ 184}}$$

Numărătorul și numitorul fracției  $\frac{17\ 098}{23\ 184}$  le împărțim la numărător și așa mai departe.

În ultimă instanță, obținem :

$$\frac{295\,306}{272\,122} = 1 + \frac{1}{11 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{1 + \frac{1}{4 + \frac{1}{4 + \frac{1}{17 + \frac{1}{1 + \frac{1}{7}}}}}}}}}$$

Din acest șir dacă luăm primele valori și le înlăturăm pe celelalte, obținem următoarele aproximații :

$$\frac{12}{11} ; \frac{13}{12} ; \frac{38}{35} ; \frac{51}{47} ; \frac{242}{223} ; \frac{1019}{939} \text{ etc.}$$

A cincea fracție din această înșiruire ne oferă suficientă exactitate. Dacă ne-am opri la ea, considerînd deci pe  $x = 223$ , iar pe  $y = 242$ , în acest caz termenul de periodicitate a eclipselor va fi egal cu 223 luni sinodice sau cu 242 luni draconitice. Aceasta constituie 6585  $\frac{1}{3}$  zile, adică 18 ani și 11,3 zile (sau 10,3 zile) <sup>1</sup>.

Iată deci proveniența „Saros“-ului.

Știind de unde provine, ne putem da seama cu cîtă exactitate se pot prezice eclipsele cu ajutorul său. Socotind Sarosul egal cu 18 ani și 10 zile, rămîne un rest de 0,3 zile. Acest lucru trebuie să aibă ca urmare faptul că eclipsele, prevăzute într-o perioadă astfel prescurtată, vor avea loc *la o altă oră* din zi decît cea precedentă (aproximativ cu 8 ore mai tîrziu), și numai dacă facem uz de o perioadă egală cu perioada întreită a Sarosului exact, eclipsele se vor repeta la aproape aceleași ore din zi. În afară de asta, Sarosul nu ia în considerație schimbările de *distanță* dintre Lună și Pămînt sau dintre Pămînt și Soare, schimbări care își au și ele periodicitatea lor ; în funcție de aceste distanțe eclipsa de Soare este totală sau parțială. De aceea, Sarosul are posibilitatea să anticipeze numai faptul că în cutare zi vom avea

---

<sup>1</sup> Depinde de faptul dacă în perioada respectivă avem 4 sau 5 ani bisecți (n. a.).

eclipsă ; Sarosul nu poate preciza, însă, că această eclipsă va fi totală, parțială sau inelară, sau că ea va putea fi observată din aceleași locuri ca și data precedentă.

În sfârșit, se mai întâmplă ca o eclipsă parțială neînsemnată a Soarelui peste 18 ani să-și reducă faza la zero, ceea ce înseamnă că ea nu mai are loc ; sau, dimpotrivă, uneori se observă mici eclipse parțiale de Soare, neînregistrate pînă atunci.

În zilele noastre, astronomii nu mai folosesc Sarosul. Mișcările capricioase ale satelitului Pămîntului se cunosc atît de bine, încît eclipsele sînt calculate astăzi cu o precizie de secunde. Dacă eclipsa prevăzută nu ar avea loc, savanții contemporani ar fi gata să admită orice, exceptînd o greșeală de calcul. Acest lucru se menționează de către Jules Verne, care, într-o carte a sa, povestește despre un astronom care pleacă într-o expediție polară, cu scopul de a asista la o eclipsă de Soare. În ciuda faptului că a fost anticipată, eclipsa totuși nu a avut loc. Care a fost concluzia astronomului ? El a declarat celor ce-l însoțeau că suprafața de gheață pe care se afla nu face parte din continent, ci este un ghețar plutitor, deplasat de curenții maritimi în afara zonei unde urma să aibă loc eclipsa. Această afirmație s-a adeverit curînd. Iată un exemplu de încredere oarbă în puterea științei.

## E posibil oare ?

Martori oculari povestesc că li s-a întîmplat să observe în timpul unei eclipse de Lună pe o parte a cerului la orizont discul Soarelui, iar pe cealaltă parte — discul întunecat al Lunei. -

Astfel de fenomene au fost semnalate și în anul 1936, la 4 iulie, cînd a avut loc o eclipsă parțială de Lună. „La 4 iulie Luna a răsărit la orele 20 și 31 minute seara ; la ora 20 și 46 minute apunea Soarele, iar în clipa cînd răsărea Luna, s-a produs o eclipsă, cu toate că atît Luna cît și Soarele se puteau vedea concomitent deasupra orizontului. M-a surprins extrem de mult acest fenomen, deoarece razele

de lumină se propagă în linie dreaptă“ — îmi scria unul dintre cititorii acestei cărți.

Într-adevăr, fenomenul este enigmatic ; deși, în pofida convingerilor unei tinere fete dintr-o povestire a lui Cehov, nu se poate vedea, printr-o sticlă neagră, „linia care unește centrul Soarelui și al Lunei“ ; noi, însă, ne-o putem foarte bine imagina. Poate avea loc o eclipsă dacă Pământul nu se află între Lună și Soare, iar umbra lui nu acoperă Luna ? Poate fi crezută o astfel de afirmație susținută de un martor ocular ?

În realitate un astfel de fenomen este perfect verosimil. Faptul că Soarele și Luna, în eclipsă, pot fi văzute în același timp, se explică prin devierea razelor de lumină în atmosfera Pământului. Datorită acestei devieri a razelor, care se numește „refracție atmosferică“, avem iluzia optică că orice corp luminos se află pe bolta cerească *mai sus* decât în realitate (vezi fig. 15). Când vedem Luna sau Soarele aproape de orizont, din punct de vedere geometric ele se află *mai jos* decât orizontul. În concluzie, nu este imposibil ca, în timpul unei eclipse, să vedem concomitent ambele discuri, atît cel al Soarelui, cît și discul întunecat al Lunei, deasupra orizontului.

„De obicei — ne spune în legătură cu aceasta Flammarion — se indică eclipsele din anii 1666, 1668 și 1750, în care această ciudată particularitate s-a manifestat mai pronunțat. Dar nu e nevoie să ne întoarcem cu atîția ani în urmă. La 15 februarie 1877, la Paris, Luna răsărise la ora 5 și 29 minute. Soarele apunea la ora 5 și 39 minute ; cu toate acestea, eclipsa totală de Lună începuse. La 4 decembrie 1880, tot la Paris, a avut loc o eclipsă totală de Lună ; în acea zi Luna a răsărit la ora 4, iar Soarele a apus la 4 și 2 minute, iar eclipsa de Lună era la jumătatea timpului său, căci începuse la ora 3 și 3 minute și a durat pînă la ora 4 și 33 minute. Faptul că acest fenomen nu se observă prea des se datorește numai lipsei de martori oculari. Spre a putea vedea Luna în plină eclipsă înainte de apusul Soarelui, trebuie doar să alegi pe globul pămîntesc un loc unde să vezi Luna la orizont chiar în toiul eclipsei.“

## Întrebări

1. Cît timp poate dura o eclipsă de Soare și cît timp o eclipsă de Lună ?
2. Cîte eclipse, în total, pot avea loc într-un an ?



Fig. 59. Petele de lumină în umbra frunzelor unui pom, în timpul unei faze de eclipsă parțială, au forma de semilună.

3. Sînt ani în decursul cărora nu are loc nici o eclipsă de Soare sau de Lună ?
4. Cînd se va putea observa, în viitorul apropiat, în U.R.S.S., o eclipsă totală de Soare ?
5. În timpul unei eclipse de Soare, din care parte se suprapune pe Soare discul negru al Lunei — din stînga sau din dreapta ?
6. Care margine a Lunei începe să se întunece mai întîi în timpul unei eclipse — dreapta sau stînga ?
7. De ce în timpul unei eclipse de Soare petele de lumină din umbra frunzelor unui pom au formă de seceră ? (fig. 59).

8. Care este diferența între forma de semicerc a Soarelui, observată în timpul unei eclipse, și forma obișnuită a semilunei ?

9. De ce eclipsa de Soare se urmărește printr-o sticlă neagră ?

## Răspunsuri

1. Durata maximă a unei faze complete a eclipsei de Soare este de  $7 \frac{1}{2}$  minute (aceasta la Ecuator ; la latitudinile mai înalte durata se reduce). Toate fazele eclipsei se pot prelungi pînă la  $4 \frac{1}{2}$  ore (la Ecuator).

Durata fazelor eclipsei de Lună, în total, poate atinge pînă la 4 ore. Intervalul în care Luna se găsește complet în umbră se poate prelungi maximum 1 oră și 50 de minute.

2. În decurs de un an, cel mai mare număr de eclipse — de Lună și de Soare la un loc — este de 7, iar cel mai mic este de 2 (în 1935 au avut loc 7 eclipse : 5 eclipse de Soare și 2 eclipse de Lună).

3. *Eclipsele de Soare* se repetă în fiecare an : nu există an în care să nu aibă loc cel puțin două eclipse de Soare. *Eclipsele de Lună* nu au o periodicitate anuală. Ani fără eclipse de Lună sînt relativ mulți, aproximativ din cinci în cinci ani.

4. Viitoarea eclipsă totală de Soare, vizibilă în U.R.S.S., va avea loc la 15 februarie 1961. Zona eclipsei totale va trece prin Crimeea, Stalingrad, Siberia de vest.

5. În emisfera nordică a Pămîntului, discul Lunei se suprapune pe discul Soarelui de la dreapta spre stînga. Prima atingere a discului Lunei și a Soarelui trebuie să o așteptăm în *partea dreaptă*. În emisfera sudică — în partea stîngă (fig. 60).

6. În emisfera de nord Luna intră în umbra Pămîntului cu partea ei *stîngă* ; în emisfera sudică cu partea ei *dreaptă*.

7. Petele de lumină din umbra frunzișului nu sînt altceva decît imaginea Soarelui. În timpul eclipsei Soarele are formă de seceră și aceeași formă trebuie să o capete imaginea lui, proiectată în umbra frunzișului (fig. 59).

8. *Semiluna* este mărginită în exterior de un semicerc, iar în interior de o semielipsă. *Semidiscul Soarelui* este măr-

ginit atât în exterior, cât și în interior, de două arcuri de cerc, a căror rază este aceeași.

9. Soarele, deși acoperit parțial de Lună, nu poate fi privit cu ochiul liber. Razele Soarelui orbesc partea cea mai sensibilă a retinei ochiului, slăbind simțitor agerimea ochiului pentru o perioadă îndelungată, uneori chiar pentru toată viața.

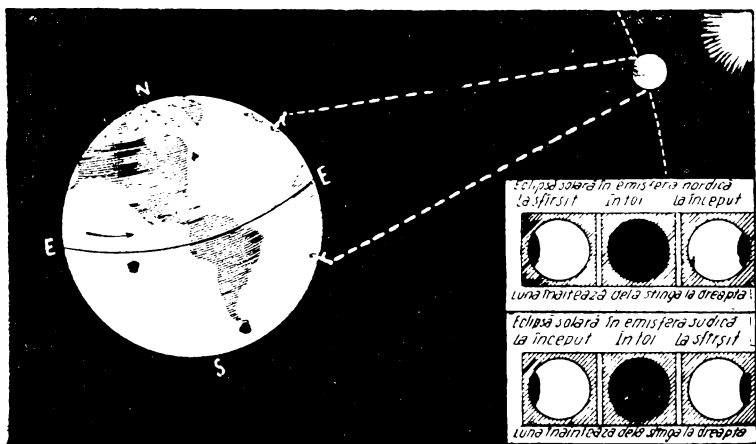


Fig. 60. De ce în emisfera nordică a Pământului în timpul eclipsei discul Lunei se apropie de Soare *din dreapta*, iar în emisfera sudică *din stînga* ?

Încă la începutul secolului al XIII-lea, în letopisețul de la Novgorod se scriau următoarele : „Dintru această cauză în Marele Novgorod, cîte unii oameni fără vedere rămas-au“. Este ușor să eviți vătămarea retinei, dacă îți pregătești din timp o sticlă neagră (afumată). Sticla trebuie așa de bine înnegrită la fumul unei lumînări, încît Soarele, văzut prin ea, să apară ca un *disc bine conturat*, fără raze și fără aureolă ; din spirit de comoditate, partea afumată a sticlei se acoperă cu o altă sticlă curată și se lipește cu hîrtie pe margini. Deoarece nu se pot prevedea condițiile de vizibilitate a Soarelui în orele de eclipsă, este bine să se pregătească din timp cîteva sticle mai mult sau mai puțin înnegrite.

Se pot folosi de asemenea și sticlele colorate, dacă suprapunem două sticle de culori diferite (sînt indicate culorile ce se „completează“). Ochelarii de Soare obișnuiți nu sînt eficaci în aceste ocazii. În sfîrșit, extrem de utile pentru a urmări Soarele în timpul eclipsei sînt negativele fotografice, ale căror porțiuni mai luminoase sau mai întunecoase servesc de minune în acest scop<sup>1</sup>.

## Cum e vremea pe Lună ?

De fapt nu se poate vorbi despre condiții meteorologice pe Lună în sensul propriu al cuvîntului. Cum poate fi vremea pe Lună cînd acolo nu există nici un fel de atmosferă, nu sînt nori, vaporii de apă, precipitații sau vînt ? Singurul lucru despre care se poate vorbi este temperatura solului.

Deci, care este temperatura pe solul Lunei ? Astronomii dispun, în prezent, de un dispozitiv care le dă posibilitatea să măsoare nu numai temperatura astrelor îndepărtate, ci și a diferitelor porțiuni ale lor. Dispozitivul funcționează pe baza efectelor termoelectrice : printr-un conductor închis, sudat din două metale diferite, trece un curent electric cînd o sudură este mai caldă decît cealaltă ; intensitatea curentului generat depinde de diferența de temperatură și permite măsurarea cantității de căldură absorbită.

Sensibilitatea dispozitivului este remarcabilă. De proporții microscopice (partea principală a dispozitivului este numai de 0,2 mm și cîntărește 0,1 mgr), el înregistrează acțiunea calorică a stelelor de magnitudine 13, care urcă temperatura cu *a zecea milioana parte dintr-un grad*. Aceste stele nu pot fi văzute decît prin telescop ; lumina lor este de 600 de ori mai slabă decît lumina stelelor văzute cu ochiul liber. A

---

<sup>1</sup> Celor care doresc să cunoască mai îndeaproape cum se desfășoară o eclipsă totală de Soare și ce urmăresc astronomii în timpul eclipselor, li se poate recomanda cartea „Eclipsele de Soare și urmărirea lor“, scrisă de un grup de specialiști sub redacția prof. A. A. Mihailov. Cartea a fost scrisă pentru astronomii amatori, profesori și elevi ai claselor superioare. Într-un limbaj mai popular este scrisă cartea lui V. T. Ter-Ohanesov : „Eclipsele de Soare“ (n. a.).



percepe o cantitate de căldură atît de infimă este ca și cum am simți la o distanță de cîțiva kilometri căldura unei lumînări !

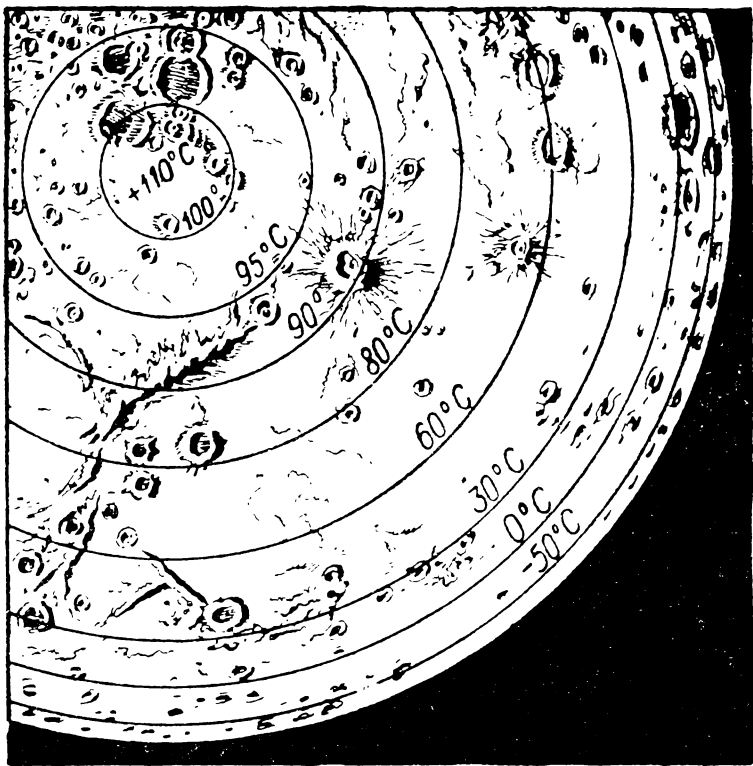


Fig. 61. Temperatura pe Lună atinge în centrul discului vizibil  $+110^{\circ}\text{C}$  și scade cu repeziciune spre extremități pînă la  $-50^{\circ}\text{C}$  și mai mult.

Dispunînd de acest dispozitiv de măsurare aproape fantastic, astronomii îl dirijau spre diferite sectoare ale Lunei, măsurau căldura receptată de el și apreciau pe această bază temperatura diferitelor părți ale Lunei (cu o exactitate pînă la  $10^{\circ}$ ). Iată rezultatele (fig. 61): în centrul discului Lunei pline, temperatura este de  $100^{\circ}$ ; dacă apa ar apărea în acest

loc pe suprafața Lunei, ea ar începe să fiarbă chiar la o presiune normală. „Pe Lună nu ar trebui să punem mîncarea pe foc — scrie un astronom — acest rol l-ar putea îndeplini cea mai apropiată stîncă”. Începînd cu centrul discului, temperatura scade uniform în toate direcțiile. Totuși chiar la 2 700 km de centru ea nu scade sub  $80^{\circ}$ . În continuare, temperatura scade ceva mai repede, iar în apropiere de marginea discului luminos domnește un ger de  $-50^{\circ}$ . Pe partea întunecată a Lunei, unde nu ajung razele Soarelui, frigul este și mai mare, gerul atîngînd  $-160^{\circ}$ .

S-a mai amintit aici că în timpul eclipselor, cînd sfera Lunei intră în umbra Pămîntului, scoarța ei, lipsită de lumina Soarelui, se răcește simțitor. S-a măsurat gradul de răcire a Lunei în acest timp ; s-a stabilit într-o astfel de ocazie că temperatura Lunei a scăzut în timpul eclipsei de la  $+70$  la  $-117^{\circ}$ , adică aproape cu  $200^{\circ}$  în decurs de circa  $1\frac{1}{2}$ —2 ore. În aceleași condițiuni, adică în timpul unei eclipse de Soare, temperatura Pămîntului scade doar cu 2 grade sau cel mult cu 3 grade. Această deosebire se datorește atmosferei noastre, relativ transparentă pentru razele vizibile ale Soarelui, dar care constituie totuși un obstacol în fața razelor invizibile de „căldură” emenate de scoarța încălzită a Pămîntului.

Faptul că Luna își pierde cu atîta ușurință căldura acumulată de ea, dovedește slaba ei capacitate calorică și, în același timp, proasta conductibilitate de căldură a scoarței ei. În consecință, încălzită fiind, Luna nu acumulează o rezervă mare de căldură.





### CAPITOLUL III

## PLANETELE

### Planetele la lumina zilei

**P**ot fi văzute planetele în cursul zilei, la lumina vie a Soarelui? Firește — dar prin telescop. Astronomii cercetează deseori planetele în cursul zilei, observându-le chiar cu un telescop de mărime mijlocie, bineînțeles nu atât de clar ca în cursul nopții. Într-o lunetă al cărei obiectiv are diametrul de 10 cm nu numai că putem vedea în timpul zilei planeta Jupiter, dar putem deosebi chiar dungile caracteristice ale suprafeței sale. Observarea planetei Mercur este chiar mai ușoară ziua, când se află sus, deasupra orizontului. După apusul Soarelui, Mercur poate fi văzut pe cer atât de jos, către orizont, încât atmosfera Pământului denaturează complet imaginea lui telescopică.

În condiții prielnice, unele planete sînt accesibile în timpul zilei chiar pentru ochiul liber.

Se întîmplă foarte des să vedem pe cerul zilei pe Venus, cea mai strălucitoare dintre planete ; bineînțeles, în perioada când strălucirea ei este mai intensă. Este binecunoscută povestirea lui Arago despre Napoleon I care, asistînd la un moment dat la o paradă pe străzile Parisului, s-a simțit jignit de faptul că mulțimea de oameni, surprinsă de vizibilitatea planetei Venus în plină zi, acorda mai multă atenție acestei planete decît înaltei sale persoane.

De pe străzile marilor orașe, Venus poate fi văzută în timpul zilei mai des ca din locurile virane; clădirile înalte feresc ochiul de acțiunea vătămătoare a razelor directe ale Soarelui. Cazurile când Venus a fost văzută ziua sînt amintite și de letopisețele ruse. Astfel, letopisețul de la Novgorod ne spune că, în anul 1331, în timpul zilei, „s-a arătat pe cer o stea luminoasă deasupra bisericii“. Această stea (potrivit cercetărilor lui D. O. Sviatski și M. A. Viliev) era planeta Venus.

Cele mai favorabile epoci de vizibilitate a lui Venus, în timpul zilei, se repetă la intervale de 8 ani. Cercetătorii atenți ai cerului au avut, desigur, ocazia de a vedea ziua nu numai pe Venus, ci și pe Jupiter sau chiar pe Mercur.

Este cazul să ne oprim asupra problemei cu privire la strălucirea comparativă a planetelor. Într-un cerc de profani se pune adeseori întrebarea: care planetă atinge strălucirea cea mai mare — Venus, Jupiter sau Marte? Firește, dacă aceste planete ar străluci concomitent și ar fi alături una de cealaltă, această întrebare nu s-ar mai pune. Deoarece, însă, vedem aceste planete în momente diferite, nu este ușor să stabilești care din ele strălucește mai viu. Iată ordinea de înșiruire a planetelor, după strălucirea lor:

Venus	{	au o strălucire de cîteva ori mai mare decît Sirius.	Mercur	{	sînt mai puțin strălucitoare decît Sirius, dar mai luminoase decît stelele de măg-nitudinea întâi.
Marte			Saturn		
Jupiter					

Vom reveni asupra acestei probleme în capitolul următor, unde vom face cunoștință cu exprimarea numerică a strălucirii astrilor cerești.

## Alfabetul planetar

Pentru simbolizarea Soarelui, a Lunei și a celorlalte planete, astronomii folosesc semne de origine antică (fig. 62). Ceea ce simbolizează aceste semne trebuie explicat, bineînțeles, în afară de semnul Lunei, care se explică de la sine. Semnul lui Mercur reprezintă imaginea simplificată a sceptrului zeului Mercur din mitologie, protectorul acestei planete. Semnul lui Venus reprezintă o oglindă de mîna —

emblema frumuseții și a feminității, proprie zeiței Venus. Drept simbol al planetei Marte, al cărei protector era zeul războiului, a fost aleasă o lance acoperită de un scut — atribute ale războiului. Semnul lui Jupiter nu este altceva decât prima literă a numelui grecesc al lui Jupiter-Zeus (litera Z scrisă de mână). Simbolul lui Saturn, după tălmăcirea lui Flammarion, reprezintă o imagine denaturată a „coasei timpului” — apanaj tradițional al zeului soartei.

Semnele enumerate mai sus sînt folosite din veacul al IX-lea. Simbolul planetei Uranus este, firește, de proveniență mai recentă; această planetă a fost descoperită abia la sfîrșitul secolului al XVIII-lea. Semnul care o simbolizează — un cerc cu litera H — trebuie să ne reamintească despre V. Herschel, descoperitorul lui Uranus. Simbolul lui Neptun (descoperit în anul 1846) este de natură mitologică, reprezentînd tridentul zeului mărilor. Semnul ultimei planete, Pluton, se explică cu ușurință.

La acest alfabet trebuie să mai adăugăm semnul planetei pe care o locuim, precum și simbolul astrului central al sistemului nostru planetar — Soarele. Acest semn este cel mai vechi, deoarece era folosit încă de egipteni în antichitate, cu mii de ani în urmă.

Multora le va apărea probabil curios faptul că astronomii din Occident simbolizează cu aceleași semne zilele săptămîinii, și anume :

duminica	cu	semnul	Soarelui
luni	„	„	Lunei
marți	„	„	Marte
miercuri	„	„	Mercur
joi	„	„	Jupiter
vineri	„	„	Venus
sîmbătă	„	„	Saturn

<i>Lună</i>	☾
<i>Mercur</i>	☿
<i>Venus</i>	♀
<i>Marte</i>	♂
<i>Jupiter</i>	♃
<i>Saturn</i>	♄
<i>Uranus</i>	♅
<i>Neptun</i>	♆
<i>Pluton</i>	♇
<i>Soarele</i>	☉
<i>Pămîntul</i>	♁

Fig. 62. Semnele convenționale pentru Soare, Lună și planetele sistemului solar.

Această corelație ciudată va apărea perfect normală, dacă facem legătura dintre aceste semne și denumirea latină sau franceză a zilelor săptămânii, denumire care provine de la planetele pomenite mai sus (în franceză luni — luni — ziua Lunei, marți — mardi — ziua lui Marte etc.). Nu ne vom opri asupra acestei interesante probleme, care ține mai mult de domeniul filologiei și al istoriei culturii, decît de domeniul astronomiei.

Alchimiștii din vremurile de demult foloseau alfabetul planetar pentru simbolizarea metalelor, și anume :

Semnul Soarelui	-	pentru aur
„ Lunei	-	„ argint
„ lui Mercur	-	„ mercur
„ „ Venus	-	„ cupru
„ „ Marte	-	„ fier
„ „ Jupiter	-	„ cositor
„ „ Saturn	-	„ plumb

Această legătură se explică prin concepțiile alchimiștilor, care asociau fiecare metal unui zeu din mitologia antică.

În sfîrșit, un ecou al valorii acordate simbolurilor planetare în Evul Mediu îl constituie folosirea în timpurile moderne de către botaniști și zoologi a semnelor lui Marte și Venus în simbolizarea sexului masculin și feminin. De asemenea, botaniștii folosesc semnul Soarelui pentru plantele anuale ; pentru cele bienale se folosește același semn, schimbat într-o oarecare măsură (cercul are două puncte în interior), pentru ierburile perene — semnul lui Jupiter, iar pentru pomi și arbuști — semnul lui Saturn.

## Ceea ce nu poate fi desenat

Din categoria lucrurilor care nu pot fi redată pe hîrtie face parte planul sistemului nostru solar. Ceea ce se prezintă în cărți de astronomie sub denumirea de plan al sistemului solar nu este decît schema *orbitelor* parcurse de planete și nicidecum un plan al sistemului solar ; într-un astfel de desen, planetele nu pot fi reprezentate decît printr-o denaturare grosolană a scării de proporție. În comparație cu distanțele care le despart, planetele sînt atît de mici, încît

este extrem de greu să-ți formezi o imagine, cât de cât justă, cu privire la acest raport. Putem ușura procesul de imaginație dacă recurgem la o variantă mult mai mică a sistemului solar. Atunci vom înțelege de ce nu este posibilă redarea sistemului solar în nici un fel de schemă sau desen. Ceea ce putem arăta pe hîrtie sînt dimensiunile comparative ale planetelor și ale Soarelui (fig. 63).

Să luăm pentru globul pămîntesc dimensiunea cea mai modestă — capul unui ac de gămălie : să zicem că Pămîntul este un glob al cărui diametru este de circa 1 mm. Mai exact, vom uza de o scară de proporție egală cu 15 000 km la 1 mm, sau 1 : 15 000 000 000. Luna, un punct cu diametru de  $\frac{1}{4}$  mm, va trebui să o plasăm la 3 cm de gămălia de ac. Soarele, de mărimea unei mingi sau a unei bile de crichet (10 cm), trebuie să stea la o distanță de 10 m de Pămînt. Mingea, plasată într-un colț al unei camere spațioase, iar gămălia de ac — într-un colț al aceleiași camere — iată un tablou care ar aduce cu ceea ce reprezintă în spațiul cosmic Soarele și Pămîntul. Vedeți că, de fapt, în camera despre care vorbim este mai mult spațiu decît materie. Este adevărat că între Soare și Pămînt mai sînt două planete — Mercur și Venus ; ele însă contribuie în prea mică măsură la umplerea spațiului ; într-adevăr, în camera noastră s-ar mai adăuga două grăunțe mici ; unul cu diametrul de  $\frac{1}{3}$  mm (Mercur), la o distanță de 4 m de minge (Soarele), iar celălalt, cît o gămălie de ac (Venus), la 7 m distanță de minge.

Mai sînt și alte „particule-materie“ de cealaltă parte a Pămîntului. La 16 m distanță de „mingea-Soare“ se rotește Marte — punct cu un diametru de  $\frac{1}{2}$  mm. La fiecare 15 ani, cele două puncte, care reprezintă Pămîntul și Marte, se apropie la o distanță de 4 m între ele ; Marte are doi sateliți, pe care din păcate nu-i putem prezenta în modelul nostru ; la dimensiunile luate de noi, acești sateliți ar trebui să aibă mărimea unei bacterii ! Aceleași dimensiuni infime ar trebui să le capete, în modelul nostru, *asteroizii* — planete mici, pînă azi sînt cunoscute cca 1 500 și care se rotesc în spațiul dintre Marte și Jupiter. Distanța lor medie față de Soare — în modelul nostru, bineînțeles —

este de 28 m. Cele mai mari dintre ele, privite în model, au diametrul egal cu grosimea unui fir de păr ( $1/20$  mm), cele mai mici au dimensiuni de bacterii.

Gigantul-Jupiter are, în cazul nostru, mărimea unei nuci situate la o distanță de 52 m de „mingea-Soare“. În jurul lui, la o distanță de 3,4,7 și 12 cm, se rotesc cei mai

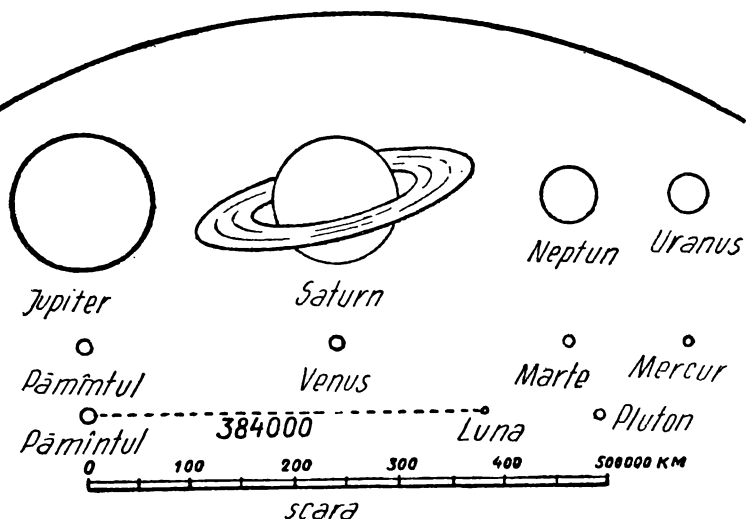


Fig. 63. Dimensiunile comparative ale planetelor și ale Soarelui. Diametrul discului Soarelui la această scară de proporții este egal cu 19 cm.

marī dintre cei 12 sateliți ai săi. Dimensiunile acestor „Luni“ mari sînt de circa  $1/2$  mm, restul sateliților au, de asemenea, mărimea unor bacterii. Un satelit mai îndepărtat al, lui Jupiter (al IX-lea) ar trebui să-l plasăm la o distanță de 2 m față de „nuca-Jupiter“. Prin urmare, întregul sistem al lui Jupiter ar avea în cazul nostru un diametru de 4 m. Aceasta reprezintă o cifră uriașă față de sistemul Pământ-Lună (cu un diametru de 6 cm) și totuși modestă, dacă facem comparație cu diametrul orbitei lui Jupiter din modelul nostru (104 m).

Numai după cele spuse este evident că o încercare de a pune pe hîrtie planul sistemului solar ar fi zadarnică.



Această imposibilitate apare și mai convingătoare în cele ce urmează. Planeta Saturn ar trebui plasată la o depărtare de 100 m de „mingea-Soare“, avînd forma unei cireșe mici cu un diametru de 8 mm. Vestitele inele ale lui Saturn, cu o lățime de 4 mm și o grosime de  $1/250$  mm, se vor găsi la 1 mm de suprafața cireșii. Cei 9 sateliți vor fi împrăștiați în jurul planetei ca niște puncte, pe o distanță de  $1/2$  m, avînd un diametru de  $1/10$  mm și chiar mai puțin.

Spațiile goale dintre planete cresc progresiv pe măsură ce ne apropiem de marginile sistemului. În modelul nostru, Uranus este aruncat la o distanță de 196 m față de Soare; el reprezintă un punct mic, cu un diametru de 3 mm, iar în jurul său cei 5 sateliți — ca niște firisoare de praf — situați pe o distanță de 4 cm de punctul central.

La 300 m de „mingea de crichet“ din centru își urmează încet mișcarea pe orbita sa Neptun — care pînă nu de mult era socotit drept ultima planetă din sistemul nostru; un punct mic cu doi sateliți (Triton și Nereida), la o distanță de 3 cm și respectiv 70 cm față de planetă.

Și mai departe se rotește Pluton, o planetă nu prea mare — care ar fi plasată în modelul nostru la o distanță de 400 m, iar diametrul ei ar fi aproximativ cît  $1/2$  din diametrul Pămîntului.

Dar nici orbita acestei ultime planete nu trebuie socotită drept limita extremă a sistemului nostru solar. În afară de planete, tot din acest sistem mai fac parte și cometele. Multe dintre ele se mișcă pe un circuit închis în jurul Soarelui. Printre aceste „stele cu coadă“ (adevăratul sens al cuvîntului „cometă“) sînt o serie care fac înconjurul Soarelui într-o perioadă de 800 de ani. Acestea sînt cometele care au apărut în anii 372 î.e.n., 1106, 1668, 1680, 1843, 1880, 1882 (două comete) și 1887. Orbita fiecărei comete ar trebui redată în model ca o elipsă foarte întinsă, ale cărei extremități — cea mai apropiată — s-ar afla la o distanță de numai 12 mm față de Soare, iar cea mai îndepărtată la 1700 m de el, ceea ce reprezintă o distanță de 4 ori mai mare decît cea a lui Pluton. Dacă am calcula dimensiunile sistemului solar după aceste comete, modelul nostru ar căpăta un diametru de  $3\frac{1}{2}$  km și va deține o suprafață de  $9 \text{ km}^2$ , în care, nu uitați, Pămîntul ar avea mărimea unei

gămălii de ac! În acești 9 km<sup>2</sup> se include următorul inventar :

- 1 minge de crichet
- 2 nuci
- 2 boabe de mazăre mici
- 2 gămălii de ac
- 3 particule mai mici.

Materia cometelor — oricât de numeroase ar fi ele — nu este luată în considerație; masa lor este atât de mică, încât ele sînt denumite pe bună dreptate „nimicuri vizibile“.

Iată de ce sistemul nostru planetar nu poate fi redat în proporții exacte într-un desen.

## De ce planeta Mercur nu are atmosferă?

Ce legătură poate fi între prezența atmosferei pe o planetă și durata unei rotații în jurul axei sale? S-ar părea că nu este nici o legătură. Cu toate acestea, din exemplul lui Mercur — planeta cea mai apropiată de Soare — ne convingem că, în unele cazuri, există o astfel de legătură.

Judecînd după forța gravitației lui Mercur, acesta ar putea reține pe suprafața sa o atmosferă de aceeași compozență cu cea a Pămîntului, doar ceva mai rarefiată.

Viteza necesară pentru învingerea completă a forței gravitației la suprafața planetei Mercur este egală cu 4 900 m/sec. Această viteză, la temperaturi nu prea înalte, nu o ating nici cele mai rapide molecule din atmosfera noastră<sup>1</sup>. Cu toate acestea Mercur nu are atmosferă. Cauza constă în faptul că el se rotește în jurul Soarelui, așa cum se rotește Luna în jurul Pămîntului, adică este întors spre Soare mereu cu una și aceeași emisferă a lui. Timpul în care efectuează mișcarea sa de revoluție pe orbită (88 de zile) este egal cu timpul în care își desăvîrșește mișcarea de rotație în jurul axei sale. De aceea pe o parte a planetei Mercur — aceea care este întoarsă mereu spre Soare — este zi permanentă și e veșnic vară; pe cealaltă parte — neluminată de Soare —

---

<sup>1</sup> Vezi cap. II (De ce Luna nu are atmosferă?).

domnesc în permanență noaptea și iarna veșnică. Nu este greu să ne imaginăm arșița care dăinuie pe partea luminoasă a planetei : aici Soarele se află la o distanță de  $2\frac{1}{2}$  ori mai mică decât distanța ce-l desparte de Pământ, iar forța arzătoare a razelor lui trebuie să fie de  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ , adică de  $6\frac{1}{4}$  ori mai puternică. Pe partea întunecoasă a planetei, dimpotrivă, în decursul a milioane de ani, nu a pătruns nici cea mai mică rază de Soare și acolo trebuie să domnească un ger ce se apropie de frigul spațiului cosmic<sup>1</sup> (aproximativ  $-264^{\circ}\text{C}$ ), deoarece căldura de pe partea luminată nu poate trece prin interiorul planetei. La hotarul dintre partea luminată și partea întunecată a planetei există o zonă de  $23^{\circ}$  în care Soarele, ca o consecință a librației<sup>2</sup>, se mai ivește câteodată, dar pentru scurt timp.

În aceste condițiuni neobișnuite, ce ar trebui să se întâmple cu atmosfera planetei ? Probabil că, pe partea întunecoasă a planetei, sub influența frigului puternic, atmosfera se va condensa, va deveni lichidă și va îngheța. Ca o urmare a faptului că presiunea atmosferică scade brusc, învelișul gazos de pe partea luminoasă a planetei va tinde spre partea întunecată, unde la rîndul său se va solidifica. Prin urmare, întreaga atmosferă trebuie să se adune, sub formă solidă, pe partea întunecată a planetei, mai exact, pe partea în care nu pătrund de loc razele Soarelui. Astfel, lipsa de atmosferă pe Mercur constituie o consecință inevitabilă a legilor fizice.

Din aceleași considerente care fac imposibilă existența atmosferei pe Mercur trebuie să respingem ipoteza, susținută adeseori, că pe partea invizibilă a Lunei ar exista atmosferă.

---

<sup>1</sup> Sub expresia convențională „temperatura spațiului cosmic“, fizicienii consideră acea temperatură pe care ar indica-o în spațiu un termometru cufundat complet în întuneric, ferit de razele Soarelui. Această temperatură este cu puțin mai mare decât zero absolut ( $-273^{\circ}\text{C}$ ), datorită acțiunii calorice, provenită din iradiația stelelor (n. a.).

<sup>2</sup> Despre librație, vezi paragraful „Partea vizibilă și cea invizibilă a Lunei“ (cap. II pag. 78). Pentru librațiile de longitudine ale lui Mercur este valabilă aceeași regulă de aproximație, căreia i se supune Luna. Mercur este întors mereu cu una și aceeași parte a sa nu spre Soare, ci spre un alt focar al orbitei lui, orbită care are un grad de turtire destul de mare (n. a.).

Se poate afirma cu certitudine că dacă nu există atmosferă pe una din părțile Lunei, nu există nici pe partea opusă ei.

În această privință, Wells, autorul romanului științifico-fantastic „Primii Oameni pe Lună“, nu ține seama de realitate. Romancierul admite existența pe Lună a aerului care, în timpul lungii nopți cu o durată de 14 zile pămîntene, reușește să se condenseze și să înghețe, iar o dată cu venirea zilei trece din nou în stare gazoasă, formînd atmosferă. „Dacă pe partea întunecată a Lunei — scria prof. O. D. Hvolson — aerul se solidifică, ar trebui ca aproape tot aerul de pe partea luminată să treacă în partea întunecoasă și aici să înghețe. Sub influența razelor Soarelui, aerul solidificat ar trebui să se transforme în gaz, care ar trece imediat pe partea întunecoasă, unde ar îngheța iar... Ar trebui să aibă loc o permanentă distilare a aerului și nu s-ar obține niciodată și în nici un fel o cît de mică presiune“.

Dacă, în ceea ce privește planeta Mercur și Luna, lipsa atmosferei poate fi socotită ca dovedită, în schimb, la Venus, situată pe locul al doilea în raport cu Soarele, prezența atmosferei este absolut neîndoielnică. S-a stabilit chiar că atmosfera lui Venus, mai bine zis stratosfera ei, conține mari cantități de bioxid de carbon, de zece mii de ori mai mult decît în atmosfera Pămîntului.

## Fazele lui Venus

Cunoscutul matematician Gauss povestește că, la un moment dat, a propus mamei sale să privească printr-o lunetă astronomică planeta Venus, care strălucea viu pe cerul serii. Matematicianul voia să producă o surpriză mamei sale deoarece, văzută prin lunetă, Venus avea o formă de seceră. Surpriza a avut-o el însuși: uitîndu-se prin lunetă, femeia nu și-a exprimat mirarea în ceea ce privește forma planetei, ci s-a interesat doar pentru care motiv seceră este întoarsă în partea inversă... Gauss nu bănuia că mama lui văzuse și cu ochiul liber fazele lui Venus. Un simț al văzului atît de ascuțit se întîlnește foarte rar; de aceea, pînă la invenția lunetei, nimeni nu bănuia că Venus trece prin faze asemănătoare cu fazele Lunei.

Particularitatea fazelor lui Venus constă în aceea că diametrul aparent al planetei nu rămîne același în diferitele faze ale ei; seceră îngustă are un diametru mult mai mare decît discul plin (fig. 64). Cauza o constituie faptul că, în diferitele ei faze, Venus se află la distanțe diferite de noi. Distanța medie dintre Venus și Soare este de 108 000 000 km ;

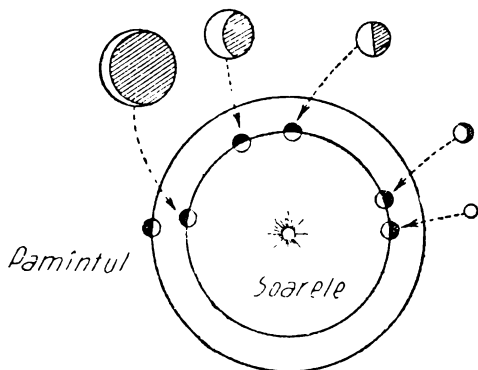


Fig. 64. Fazele lui Venus văzute cu telescopul. Venus, în diferitele sale faze, are un diametru aparent diferit, ca o consecință a schimbării distanței față de Pămînt.

între Pămînt și Soare sînt 150 000 000 km. Este ușor de înțeles că distanța cea mai mică între cele două planete este egală cu diferența  $150\,000\,000 - 108\,000\,000$ , adică 42 000 000 km, iar cea mai mare este egală cu  $150\,000\,000 + 108\,000\,000$ , adică 258 000 000 km. Prin urmare, distanța la care se află Venus față de noi variază între aceste două extreme. Cînd Venus se află la distanța cea mai mică de Pămînt, ea este întoarsă spre noi cu partea întunecoasă și de aceea faza ei în care ea prezintă un diametru aparent maxim este absolut invizibilă<sup>1</sup>. Depărtîndu-se din această poziție de „Venus nouă“, planeta capătă o formă de seceră, al cărei diametru este cu atît mai mic cu cît lățimea secerei este mai mare. Intensitatea strălucirii lui Venus nu variază în

<sup>1</sup> Din cauza atmosferei pe care o posedă, planeta poate fi totuși văzută cu luneta sub forma unui inel luminos (n. red. rom.).

funcție de forma discului ei (văzut de pe Pământ) și nici de mărimea diametrului ei. Luminozitatea ei se intensifică în unele faze intermediare. Discul plin al planetei Venus este vizibil sub un unghi de  $10''$ , iar secera cu diametrul aparent maxim poate fi văzută sub un unghi de  $64''$ . Cu toate acestea, planeta Venus atinge strălucirea cea mai mare la cca treizeci de zile înainte și după „Venus nouă”, când diametrul ei aparent măsoară  $40''$ , iar lățimea unghiulară a secei este de  $10''$ . În acest moment, ea luminează de 13 ori mai puternic ca Sirius, steaua cea mai strălucitoare de pe cer.

## Marile opoziții

Sînt mulți cei care știu că din 15 în 15 ani se repetă perioadele cînd Marte are luminozitatea maximă și se află

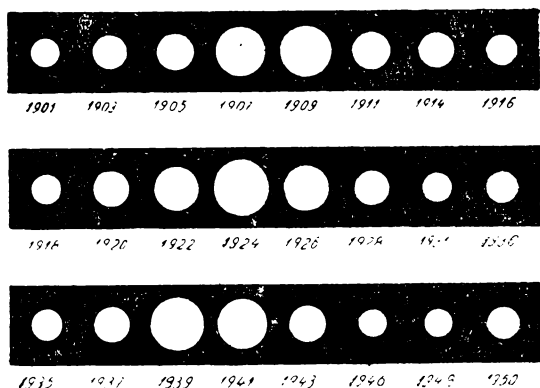


Fig 65. Diversele dimensiuni ale diametrului aparent al lui Marte, vizibile în diferite perioade de apropiere ale acestuia față de Pământ în secolul al XX-lea. În 1909, 1924 și în 1939 apropierea lui a fost foarte accentuată.

la cea mai mică distanță de Pământ. Chiar și denumirea astronomică a acestor perioade „marea opoziție” este foarte populară. Sînt memorabili anii ultimelor „mari opoziții” ale planetei roșii — 1924, 1939 (fig. 65) și 1956. Puțini sînt, însă, cei care cunosc cauza pentru care acest eveniment se

repetă neapărat din 15 în 15 ani. Și totuși „matematica“, care explică acest lucru, nu este de loc complicată.

Pământul își încheie ocolul orbitei sale în  $365\frac{1}{4}$  zile, iar Marte face același lucru în 687 de zile. Dacă ambele planete trec, la un moment dat, una prin fața celeilalte la distanța cea mai mică, ele se vor întâlni din nou în aceeași poziție într-un interval de timp care include numărul întreg al anilor pămînteni, cît și marțieni.

Cu alte cuvinte, trebuie să rezolvăm în cifre întregi ecuația :

$$365\frac{1}{4}x = 687y,$$

sau

$$x = 1,88y,$$

de unde

$$\frac{x}{y} = 1,88 = \frac{47}{25}$$

Dezvoltînd ultima fracție într-o fracție continuă (vezi pag. 112), obținem :

$$\frac{47}{25} = 1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{7 + \frac{1}{3}}}.$$

Luînd primele trei grupe, avem aproximația

$$1 + \frac{1}{1 + \frac{1}{7}} = \frac{15}{8}$$

și tragem concluzia că 15 ani pămînteni sînt egali cu 8 ani marțieni : deci, epocile de maximă apropiere a lui Marte trebuie să se repete la 15 ani o dată (noi am simplificat oarecum problema, luînd pentru raportul ambelor intervale de circuit complet cifra 1,88 în loc de 1,8809, care constituie cifra mai exactă).

În același fel se poate afla perioada minimelor distanțe ale lui Jupiter. Anul pe Jupiter, în raport cu cel de pe Pământ, este egal cu 11,86 (mai precis 11,8622). Să transformăm acest număr zecimal într-o fracție continuă :

$$11,86 = 11\frac{43}{50} = 11 + \frac{1}{1 + \frac{1}{6 + \frac{1}{7}}}.$$

Primele trei grupe ne dau aproximația 83/7. Prin urmare, perioadele când Jupiter se găsește la cea mai mare apropiere de Pământ se repetă la un interval de 83 de ani pământeni (sau 7 jupiterieni). În acești ani, Jupiter atinge și cea mai mare luminozitate vizibilă. Ultima oară când Jupiter s-a aflat la cea mai mică distanță de Pământ a fost anul 1927. Următoarea apropiere va avea loc în anul 2010. În aceste momente, distanța dintre Jupiter și Pământ este de 587 milioane km. Aceasta constituie minimul posibil de distanță între Pământ și cea mai mare planetă a sistemului solar.

### Ce să fie oare, planetă sau un Soare mai mic ?

Această întrebare se poate pune în legătură cu Jupiter — cea mai mare dintre planetele sistemului nostru. Acest uriaș, din care s-ar putea face 1 300 sfere de mărimea Pământului nostru, prin marea sa forță de atracție silește un întreg roi de sateliți să se învâртеască în jurul lui. Astronomii au descoperit la Jupiter 12 „Luni“ ; 4 dintre ele — cele mai mari — care fuseseră descoperite cu trei secole în urmă de Galilei, sînt marcate cu primele patru cifre romane, I, II, III și IV. Sateliții III și IV nu sînt mai prejos, în ceea ce privește dimensiunile lor, ca însăși „de sine stătătoarea“ planetă Mercur. În tabelul care urmează, diametrul acestor sateliți este prezentat în raport cu diametrele lui Mercur și Marte ; totodată indicăm și diametrul primilor doi sateliți ai lui Jupiter, precum și pe cel al Lunei noastre :

	Diametrul
Marte . . . . .	6 600 km
al IV-lea satelit al lui Jupiter . . . . .	5 150 „
al III-lea satelit al lui Jupiter . . . . .	5 150 „
Mercur . . . . .	4 700 „
primul satelit al lui Jupiter. . . . .	3 700 „
Luna . . . . .	3 480 „
al II-lea satelit al lui Jupiter . . . . .	3 220 „

Figura 66 ilustrează acest tabel. Cercul cel mare reprezintă pe Jupiter ; fiecare dintre cercurile consecutive, înșirate



de-a lungul diametrului său, înfățișează Pământul ; în dreapta este Luna. Cercurile din stînga lui Jupiter reprezintă pe cei patru sateliți mari ai lui Jupiter. La dreapta Lunei sînt planetele Marte și Mercur. Privind acest desen, trebuie să țineți cont că el nu constituie o diagramă, ci un simplu desen : raportul dintre suprafețele cercurilor nu ne dă imaginea justă asupra *volumului* globurilor respective. Raportul

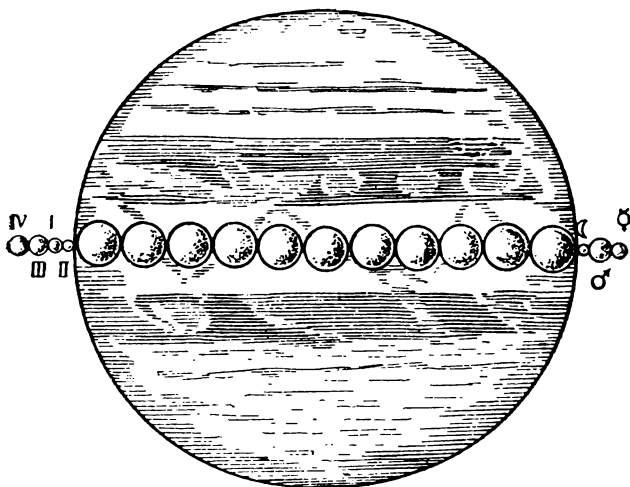


Fig. 66. Dimensiunile lui Jupiter și ale sateliților lui (în stînga) în comparație cu dimensiunile Pământului (de-a lungul diametrului) Lunei, Marte și Mercur (în dreapta).

dintre volumul globurilor este egal cu raportul dintre cuburile diametrelor lor.

Dacă diametrul lui Jupiter este de 11 ori mai mare ca diametrul Pământului, atunci volumul său este mai mare cu  $11^3$ , adică aproximativ de 1 300 ori. În legătură cu aceasta trebuie să vă corectați imaginea optică în ceea ce privește figura 66 și numai atunci veți putea aprecia just uriașele dimensiuni ale planetei Jupiter.

În ceea ce privește forța lui Jupiter, privit ca centru de atracție, constatăm că ea este remarcabilă, în clipa cînd analizăm distanțele la care sateliții acestei planete-gigant

sînt siliți să se rotească în jurul ei. Iată tabelul acestor distanțe.

Distanța	în km	Compa- rativ
dintre pămînt și lună . . . . .	380 000	1
dintre Jupiter și al III-lea satelit al său . .	1 070 000	3
dintre Jupiter și al IV-lea satelit al său . .	1 900 000	5
dintre Jupiter și al IX-lea satelit al său . .	24 000 000	63

După cum vedeți, sistemul lui Jupiter are dimensiuni de 63 ori mai mari decît sistemul Pămînt-Lună; nici o altă planetă nu ocupă atîta spațiu cu familia ei de sateliți.

Deci, pe bună dreptate, Jupiter este comparat cu un mic Soare. Masa lui este de trei ori mai mare ca masa tuturor planetelor luate la un loc, iar dacă Soarele ar dispărea peste noapte, locul lui l-ar putea lua Jupiter, silind toate planetele să se rotească, fie chiar încet, în jurul său, ca în jurul unui corp central al sistemului planetar.

Și din punct de vedere al conformației fizice există puncte comune între Soare și Jupiter. Densitatea medie a substanțelor lui este de 1,35 în raport cu apa — aproape egală cu densitatea Soarelui (1,4). Totuși, forma puternic turtită a planetei Jupiter ne face să presupunem că ea are un miez bine încheiat, înconjurat de un strat gros de gheață și de o gigantică atmosferă.

Nu de mult încă, comparația dintre Jupiter și Soare mergea mai departe: s-a presupus că această planetă nu are o scoarță solidă și că abia recent a depășit stadiul de corp ceresc luminos. Astăzi această părere trebuie categoric respinsă; măsurarea directă a temperaturii lui Jupiter pe suprafața vizibilă a arătat că ea este extrem de joasă: cu 140° Celsius sub zero! Într-adevăr, este vorba de temperatura straturilor de nori care se deplasează în atmosfera lui Jupiter.

Temperatura joasă de pe Jupiter îngreuiază explicația particularităților lui fizice : furtuni mari în atmosferă, dungile și petele lui etc. Aici astronomia se află în fața unui mănunchi de enigme.

Recent a fost descoperită în atmosfera lui Jupiter (de asemeni și a vecinului său Saturn) prezența neîndoielnică a amoniacului și a metanului<sup>1</sup>.

## Dispariția inelelor lui Saturn

În anul 1921 s-a răspândit știrea senzațională că Saturn și-ar fi pierdut inelele ! Mai mult decît atît, se spunea că aceste inele sfărîmate în bucăți se mișcă cu viteză în spațiu în direcția Soarelui, urmînd ca în drumul lor să se prăbușească pe Pămînt. Se preciza chiar ziua cînd avea să aibă loc ciocnirea catastrofală...

Această poveste poate servi drept model despre felul cum iau naștere zvonurile. Pretextul acestei senzaționale știri l-a constituit faptul că în anul respectiv inelele lui Saturn au încetat de a mai fi vizibile pentru scurtă vreme, „au dispărut“, potrivit expresiei calendarului astronomic. Zvonurile au prezentat însă această expresie în sensul strict al dispariției fizice, adică distrugerea inelelor, și au adăugat acestui fenomen o serie întreagă de amănunte legate de o catastrofă cosmică. Iată, deci, originea zvonului cu privire la căderea bucăților de inele spre Soare și ciocnirea lor inevitabilă cu Pămîntul.

Cîtă vîlvă a produs nevinovatul comunicat al calendarului astronomic despre dispariția optică a inelelor lui Saturn ! Dar ce condiționează această dispariție ? Inelele planetei Saturn sînt foarte subțiri ; grosimea lor atinge doar douăzeci—treizeci de km ; în raport cu lățimea, grosimea lor este ca cea a unei foi de hîrtie. De aceea, atunci cînd inelele lui Saturn se găsesc cu muchea îndreptată spre Soare, suprafețele

---

<sup>1</sup> Cantități și mai mari de metan conține atmosfera unor planete mai îndepărtate — Uranus și, îndeosebi, Neptun. În anul 1944 a fost descoperită prezența metanului în compoziția atmosferei lui Titan — cel mai mare satelit al lui Saturn (n. red. sov).

lor inferioară și superioară nu sînt luminate, devenind invizibile în această împrejurare. Ele sînt invizibile și în cazul cînd stau cu muchea spre noi, cei de pe Pămînt.

Inelele lui Saturn au, față de planul orbitei Pămîntului, o înclinație de  $27^\circ$ . În intervalul de 29 ani, însă, timp în care își încheie circuitul pe orbita planetei, în două puncte diametral opuse ale orbitei, inelele sînt îndreptate cu muchea

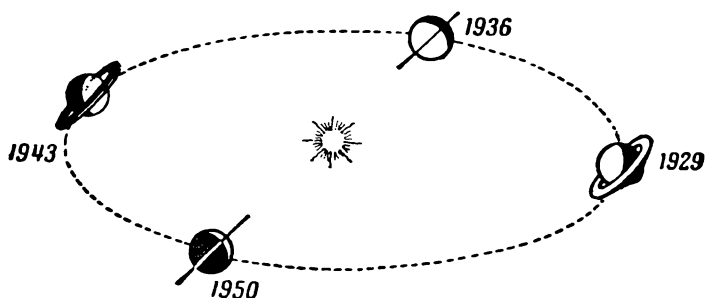


Fig. 67. Poziția pe care o dețin inelele lui Saturn în raport cu Soarele în perioada de 29 ani de revoluție a planetei în jurul Soarelui.

spre Soare și spre cei de pe Pămînt (fig. 67). Dimpotrivă, în alte două puncte, situate la un unghi de  $90^\circ$  distanță de primele, inelele își expun față de Soare și Pămînt lățimea lor maximă — „se deschid” cum spun astronomii.

## Anagrame astronomice

Dispariția inelelor lui Saturn l-a pus pe gînduri, odinioară, pe Galilei, care fusese aproape de descoperirea acestei particularități a planetei, dar nu a înfăptuit-o tocmai din cauza dispariției curioase a inelelor. Povestea aceasta este extrem de interesantă. În vremea aceea era obiceiul de a se asigura dreptul la întîietate asupra unei descoperiri, într-un mod foarte original. Făcînd o descoperire, care necesita să fie confirmată în viitor, savantul, pentru a fi sigur că nu i-o ia altul înainte, recurgea la o anagramă (schimbarea locului literelor într-un cuvînt); el comunica pe scurt esența desco-

peririi sale sub formă de anagramă, al cărei sens real îl ştia doar el singur. Aceasta dădea savantului posibilitatea să verifice fără grabă descoperirea sa, iar dacă apărea un alt pretendent — să dovedească întâietatea sa. În clipa când era convins de justetea ipotezei sale inițiale, dezvăluia secretul anagramei. Galilei, observînd în luneta sa rudimentară, că Saturn are pe marginile sale un fel de adausuri, s-a grăbit să anunțe această descoperire, publicînd următorul grup de litere :

Smaismrmirlmepoetaleumiburnenugttaviras.

Este absolut imposibil să ghicești ce ascunde această expresie cifrată. Firește, s-ar putea întocmi toate combinațiile posibile ale acestor 39 de litere și descoperi astfel fraza compusă de Galilei ; ar trebui însă efectuat un calcul fantastic. Cine cunoaște teoria combinațiilor, poate exprima cifra totală a diferitelor combinații posibile în acest caz (inclusiv repetările). Iat-o :

39!

---

3!5!4!4!2!2!5!3!3!2!2!

---

Această cifră constă din aproximativ 35 de cifre (subliniem că numărul secundelor unui an constă „numai“ din 8 cifre !). Acum este limpede cît de bine a asigurat Galilei secretul descoperirii sale.

Kepler, contemporan cu savantul italian susamintit, cu o răbdare inegalată proprie lui, a depus multe eforturi spre a pătrunde sensul prețios al declarației lui Galilei și credea că a reușit atunci cînd, din literele publicate (omîțînd două dintre ele), a întocmit următoarea frază în limba latină :

*Salve, umbistineum geminatum Martia proles.*

(Vă salut, gemeni născuți din Marte.)

Kepler era convins că Galilei a descoperit pe cei doi sateliți ai lui Marte, a căror existență o bănuia el însuși <sup>1</sup> (ei

---

<sup>1</sup> Probabil că Kepler s-a ghidat de data asta de presupusa progresie în numărul de sateliți ai planetelor. Cunoscînd că Pămîntul are un satelit, iar Jupiter patru, el considera normal ca Marte, fiind planetă intermediară, să aibă doi sateliți. Această ipoteză a făcut și pe alți gînditori să presupună că Marte are doi sateliți. Găsim în fantezia astronomică a lui Voltaire, intitu-

au fost descoperiți într-adevăr după două secole și jumătate). Totuși, de data asta, perspicacitatea lui Kepler nu l-a dus la țintă. După ce Galilei a făcut în cele din urmă cunoscut secretul anunțului său, s-a văzut că fraza — făcînd omisiunea a două litere — suna astfel :

*Altissimum planetam tergeminum observavi.*  
(Cea mai înaltă planetă am observat-o triplă.)

Din cauză că luneta sa avea o putere mică de mărire, Galilei nu a putut pricepe adevărata însemnătate a acestei variante în „triplu“ a planetei Saturn, iar după cîțiva ani, cînd adausurile marginale ale lui Saturn au dispărut cu desăvîrșire, Galilei a decis că se înșelase și că Saturn nu are nici un fel de adausuri.

Fericirea de a descoperi inelele lui Saturn i-a revenit lui Huygens abia după o jumătate de secol. Ca și Galilei, el nu a publicat direct descoperirea sa, ci a tăinuit-o sub următorul cifru :

*Aaaaaaacceccdeeeeghiiiiilllmmnnnnnnnnnn*  
*oooopprrstttuuuuu*

După trei ani, convingîndu-se de justetea ipotezei sale, Huygens a dat publicității sensul anagramei sale :

*Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato.*

(Ea este înconjurată de un inel subțire, plat, fără nici un punct de atingere, înclinat pe ecliptică).

---

lată „Micromegas“ (1750), remarcă cu privire la faptul că voiajorii lui imaginari, apropiindu-se de Marte, au văzut „două Luni“, care serveau această planetă și care se ascund, pînă în prezent, de ochii astronomilor noștri“. În romanul lui Swift, „Călătoriile lui Guliver“, scris mai înainte (1720), există un amănunt asemănător : astronomii pitici au descoperit doi sateliți, care se rotesc în jurul lui Marte. Aceste presupuneri interesante au fost pe de-a-ntregul confirmate abia în 1877, cînd Hall, cu ajutorul unui puternic telescop, a descoperit existența celor doi sateliți ai lui Marte (n. a.).

## O planetă mai îndepărtată ca Neptun

În prima ediție a acestei cărți (1929) scriam că ultima planetă cunoscută nouă din sistemul solar este Neptun, care se află la o distanță de 30 de ori mai mare față de Soare decât Pământul. Acum nu mai pot repeta același lucru, deoarece anul 1930 a adăugat la sistemul nostru solar un nou membru — a noua planetă, care se învârtește în jurul Soarelui, dincolo de Neptun.

Această descoperire nu a constituit chiar o surpriză. Astronomii înclinau de mult să creadă în existența unei planete necunoscute, mai îndepărtate ca Neptun. Nu demult, cu o sută și ceva de ani în urmă, planeta cea mai periferică a sistemului solar era considerată Uranus. Unele perturbații în mișcarea lui au dus la presupunerea existenței unei alte planete, mai depărtate, a cărei forță de atracție tulbură mișcarea ordonată a lui Uranus. Calculele matematice în această problemă, efectuate de către matematicianul englez Adams și astronomul francez Leverrier, s-au soldat cu o descoperire remarcabilă: planeta bănuită a fost prinsă în telescop. Corpul ceresc, descoperit inițial „în vârful penei de scris” a savanților, a fost descoperit și de ochiul omului.

Astfel a fost descoperit Neptun. Ulterior s-a constatat că numai influența lui Neptun nu explică în totalitate neregulile mișcării lui Uranus. Atunci s-a născut ideea că există o altă planetă, dincolo de Neptun. Ea trebuia găsită, și matematicienii au început să lucreze la această problemă. S-au propus diferite variante pentru rezolvarea ei; cea de a noua planetă era așezată la diverse distanțe față de Soare și se atribuie acestui corp ceresc căutat diferite mase.

În 1930 (mai exact la sfârșitul lui 1929), telescopul a găsit, în cele din urmă, în negura periferică a sistemului solar, un nou membru al familiei noastre planetare, căruia i s-a dat denumirea de Pluton. Această descoperire a fost făcută de tânărul astronom C. Tombaugh.

Pluton se rotește pe o elipsă, care se apropie foarte mult de una dintre orbitele calculate și atribuite lui înainte de descoperirea sa. Cu toate acestea, după părerea specialiștilor, acest lucru nu trebuie considerat drept un succes al celui care a făcut calculul; coincidența orbitelor în cazul de față nu constituie altceva decât o întâmplare interesantă.

Ce cunoaștem despre acest corp ceresc nou descoperit? Deocamdată prea puțin; el se află la o așa mare depărtare de noi, iar Soarele este atît de zgîrcit în lumina pe care o revarsă asupra lui, încît s-a reușit cu mare greutate, chiar cu ajutorul celor mai puternice instrumente, să se măsoare diametrul său. S-a constatat că acest diametru este egal cu 5 900 km sau 0,47 din diametrul Pămîntului.

Pluton se mișcă în jurul Soarelui pe o orbită destul de turtită (cu o excentricitate de 0,25), înclinată simțitor ( $17^\circ$ ) față de planul orbitei Pămîntului, la o distanță de Soare de 40 ori mai mare ca Pămîntul. Pluton face circa 250 de ani pentru a parcurge o singură dată uriașa sa orbită.

Pe cerul acestei planete Soarele luminează de 1 600 ori mai slab decît pe Pămînt. El este văzut de aici ca un disc micuț sub un unghi de 45 secunde, adică de mărimea lui Jupiter văzut de noi. Este totuși interesant de stabilit dacă Soarele pe Pluton luminează mai puternic decît Luna pe Pămînt.

Lumina Soarelui pe îndepărtatul Pluton nu este atît de palidă cum s-ar crede. Luna plină luminează Pămîntul de 440 000 ori mai slab ca Soarele. Pe cerul lui Pluton însă, astrul ceresc luminează mai slab de 1 600 ori decît pe cerul nostru. Deci intensitatea luminii pe Pluton este de  $\frac{440\,000}{1\,600}$ , adică de 275 ori mai puternică decît lumina Lunei pline pe Pămînt. Dacă cerul lui Pluton este tot așa de limpede ca pe Pămînt (aceasta este verosimil, deoarece s-ar părea că Pluton nu are atmosferă), lumina zilei, acolo, este egală cu lumina produsă de 275 Luni pline și este de circa 30 ori mai puternică ca cea mai luminoasă noapte albă la Leningrad. Ar fi deci nedrept să socotim pe Pluton drept împărăția întunericului veșnic.

## Planete-pitici

Cele nouă planete mari despre care am vorbit pînă acum nu încheie numărul planetelor membre ale sistemului nostru solar. Ele pot fi socotite drept reprezentanții cei mai vizibili ai acestui sistem. În afară de ele, în jurul Soarelui, la distanțe diferite, se rotesc o sumedenie de alte planete mai



mici. Acești pitici din lumea planetelor se numesc asteroizi (ceea ce înseamnă — „asemănătoare stelelor“) sau pur și simplu „planete mici“. Cea mai importantă dintre ele, „Ceres“, are un diametru de 770 km; ca volum este mult mai mică decît Luna, aproximativ de atîtea ori de cîte ori este mai mică Luna ca Pămîntul.

Prima dintre planetele mici, „Ceres“, a fost descoperită în prima noapte a secolului trecut (1 ianuarie 1801). În cursul veacului al XIX-lea au fost descoperite peste 400 dintre aceste planete. Toate planetele mici se învîrtesc în jurul Soarelui între orbitele lui Marte și Jupiter. De aceea, pînă nu de mult era socotit ca atare că asteroizii sînt aglomerați în spațiosul interval cosmic dintre orbitele planetelor citate mai sus.

Secolul al XX-lea, și mai ales ultimii ani au extins hotarele zonei asteroizilor. „Eros“, planetă mică descoperită încă la sfîrșitul veacului trecut (1898), se situează în afară de limita acestei zone, deoarece o mare parte din elipsa lui se află în interiorul orbitei lui Marte. În 1920, astronomii au dat de asteroidul „Hidalgo“, al cărui drum se încrucișează cu orbita lui Jupiter și trece prin apropierea orbitei lui Saturn. Asteroidul „Hidalgo“ este interesant și din alt punct de vedere. Dintre toate planetele cunoscute el are o orbită dintre cele mai turtite (cu o excentricitate de 0,66) și totodată are cea mai mare înclinație față de planul orbitei Pămîntului — în unghi de  $43^\circ$ .

Oportun este să subliniem că această mică planetă a fost botezată în cinstea lui „Hidalgo y Castillia“, erou glorios al luptei revoluționare pentru independența Mexico-ului, mort în anul 1811.

Zona planetelor-pitice s-a extins și mai mult în anul 1936, cînd a fost descoperit un asteroid cu o excentricitate de 0,78. Noul membru al familiei noastre planetare a căpătat denumirea de „Adonis“. Particularitatea acestei planete mici, recent descoperită, constă în aceea că punctul cel mai îndepărtat de Soare de pe orbita sa se găsește la o distanță aproape egală cu cea a lui Jupiter, iar punctul cel mai apropiat de Soare trece prin apropierea orbitei lui Mercur.

În fine, în anul 1949 a fost descoperită mica planetă „Icar“, care posedă o orbită unică. Excentricitatea ei este de 0,83, distanța maximă față de Soare este de două ori mai

mare ca raza orbitei Pământului, iar distanța minimă este egală cu aproximativ a cincea parte a distanței dintre Pământ și Soare. Niciuna dintre planetele cunoscute de noi nu se apropie atât de mult de Soare ca „Icar“.

Sistemul de înregistrare a asteroizilor nou descoperiți prezintă un interes general, dat fiind că el poate fi folosit și în alte scopuri decât cele astronomice. Întîi de toate se pune anul în care a fost descoperită planeta, apoi — litera care semnifică jumătatea lunii cînd a fost făcută descoperirea (anul se împarte în 24 jumătăți de lună, fiecare purtînd drept semn o literă din alfabet în ordinea lor consecutivă).

Deoarece în cursul unei jumătăți de lună sînt descoperiți adesea mai mulți asteroizi, în fișa lor se adaugă a doua literă în ordinea alfabetului. Dacă 24 de litere nu ajung, ele sînt luate de la capăt cu cifra indicatoare lîngă ele. De exemplu, 1932 Ea<sub>1</sub> reprezintă asteroidul, descoperit în anul 1932 în prima jumătate a lunii Martie, fiind al 25-lea în ordinea descoperirii lui. După calcularea orbitei planetei nou descoperite, ea capătă număr de ordine, după care i se dă și un nume.

Din sumedenia de planete mici probabil că pînă în prezent numai o mică parte este accesibilă instrumentelor astronomice. Restul scapă din plasa vînătorilor. Calculele ne arată că numărul asteroizilor din sistemul solar trebuie să atingă circa 40—50 de mii.

În prezent, numărul planetelor-pitice interceptate de astronomi trece de 1 500 ; dintre acestea peste o sută au fost descoperite de către astronomii de la Observatorul Simeiz (din Crimeea, pe malul Mării Negre) și, îndeosebi, prin străduințele pasionatului vînător de asteroizi G. N. Neujmin. Cititorul nu se va mira dacă va întîlni printre micile planete denumiri ca : „Vladilena“ (în cinstea lui Vladimir Ilici Lenin), precum și „Morozovia“ și „Figneria“ (în cinstea eroilor de la Schlussemburg), „Simeiza“ etc. Din punct de vedere al numărului de asteroizi descoperit, Observatorul din Simeiz deține unul dintre primele locuri în lume ; în ceea ce privește elaborarea problemelor teoretice, legate de asteroizi, astronomia sovietică deține de asemenea un important loc în știința mondială. Institutul de astronomie teoretică de pe lîngă Academia de Științe a U.R.S.S. (din Leningrad) desfășoară de mulți ani lucrări de calcul a poziției unui mare

număr de planete mici și de perfecționare a teoriei mișcărilor lor. Institutul publică anual poziția pe cer, calculată anticipat, a planetelor mici (așa-zisele *efemeride*), pentru toate observatoarele din lume.

Dimensiunile planetelor mici sînt extrem de variate. Asteroizi mari ca Ceres și Pallas (cu diametrul de 490 km) sînt doar cîțiva la număr. Circa șaptezeci de asteroizi au un diametru de peste 100 km. Majoritatea planetelor mici sînt cunoscute, au diametrele cuprinse între 20—40 km. În același timp sînt o mulțime de asteroizi „miniaturi”, al căror diametru abia dacă atinge 2—3 km (cuvîntul miniaturi a fost pus în ghilimele, deoarece în limbaj astronomic trebuie să aibă o semnificație relativă). Cu toate că foarte mulți asteroizi nu sînt încă cunoscuți, se poate afirma cu temei că masa asteroizilor, a celor descoperiți și nedescoperiți, luată în totalitatea lor, constituie numai a mia parte din masa globului pămîntesc. Se presupune că s-a descoperit numai 5% din numărul asteroizilor accesibili telescoapelor moderne.

„S-ar putea crede — scria G.N. Neujmin, cel mai bun cunoscător din U.R.S.S. al planetelor mici — că proprietățile fizice ale tuturor asteroizilor sînt aproximativ aceleași; în realitate însă, ne ciocnim de o varietate uimitoare. Numai cele stabilite cu privire la capacitatea de reflecție a primilor patru asteroizi au arătat că Ceres și Pallas reflectă lumina ca și rocile muntoase întunecate ale Pămîntului, Junona — ca rocile mai deschise, Vesta — asemenea norilor albi. Este cu atît mai enigmatic acest lucru dacă ne gîndim că asteroizii, pentru că sînt prea mici, nu pot avea atmosferă; ea le lipsește fără îndoială, iar deosebirea ce se constată în capacitatea lor de reflecție trebuie atribuită însuși materialului din care se compune învelișul planetei”.

## Cei mai apropiați vecini ai noștri

Asteroidul Adonis, amintit de noi în subcapitolul de mai sus, nu se deosebește de celelalte planete mici numai prin faptul că orbita sa este extrem de turtită, semănînd cu orbita unei comete. El este remarcabil și prin aceea că în drumul

său se apropie foarte mult de pământ. În anul descoperirii sale, Adonis a trecut la o distanță de  $1\frac{1}{2}$  milioane km de Pământ. Este adevărat că Luna este mai apropiată de noi. Totuși Luna, deși cu mult mai mare ca un asteroid, este mai mică în rang decât acesta din urmă ; ea nu este o planetă de sine stătătoare, ci un satelit al altei planete. Un alt asteroid — Apollon — este de asemenea în drept de a fi socotit printre planetele cele mai apropiate de Pământ. Acest asteroid, în anul descoperirii lui, a trecut la o distanță de numai 3 milioane km de Pământ. O astfel de distanță trebuie considerată (din punct de vedere planetar) foarte mică, ținând seama că Marte în perioada de apropiere maximă de Pământ se află la o distanță de 55 milioane km, iar Venus, în aceleași împrejurări, se găsește la o distanță de 40 milioane km. Este interesant că același asteroid se apropie de Venus la o distanță de numai 200 000 km — de două ori mai aproape decât Luna față de Pământ ! O apropiere mai mare între planete nu cunoaștem în sistemul nostru solar.

Această planetă vecină se deosebește și prin aceea că face parte dintre planetele cele mai mici, înregistrate de astronomi. Diametrul ei nu depășește 2 km, dacă n-o fi chiar mai mic. În 1937 a fost descoperit asteroidul Hermes, care se poate apropia uneori de Pământ la aceeași distanță care ne desparte de Lună (500 mii km). Diametrul său nu depășește 1 km.

Este instructiv să analizăm în acest exemplu ce înseamnă în limbaj astronomic cuvântul „mic“. Un asteroid infim, al cărui volum este numai de  $0,52 \text{ km}^3$ , adică

$$520\,000\,000 \text{ m}^3 ;$$

în cazul când este din granit cântărește aproximativ

$$1\,500\,000\,000 \text{ t.}$$

Din acest material s-ar putea construi 300 de piramide de mărimea piramidelor lui Keops.

Vedeți prin urmare cât de original trebuie interpretat cuvântul „mic“, atunci când este folosit de un astronom.

Dintre cei 1 600 asteroizi cunoscuți pînă în prezent, un grup de 15 planete mici, care au primit denumiri de eroi ai războiului troian, se remarcă prin mișcarea lor aparte. Acestea sînt: Achille, Patrocle, Hector, Nestor, Priam, Agamemnon etc. Fiecare dintre aceste planete „troiane“ se mișcă de așa manieră în jurul Soarelui, că formează în orice moment, împreună cu acesta și Jupiter, un triunghi echilateral. Putem considera planetele „troiane“ drept niște originali tovarăși de drum ai lui Jupiter, care îl însoțesc, rămînînd totuși la o mare distanță; unul se află la o distanță de  $60^\circ$  înaintea lui Jupiter, altele se găsesc la aceeași distanță în urma lui, efectuînd împreună, și în același timp, înconjurul Soarelui.

Echilibrul acestui triunghi planetar este stabil; dacă vreun asteroid ar evada din poziția sa, forțele de atracție le-ar readuce înapoi la locul părăsit.

Cu mult înainte de a fi descoperite planetele „troiane“, matematicianul francez Lagrange, în cercetările sale pur teoretice, a stabilit existența unei astfel de mișcări echilibrate a trei corpuri ce se atrag reciproc. El considera acest caz ca o interesantă problemă matematică și presupunea într-o doară că ar putea să existe undeva în Univers asemenea raporturi. Căutarea asiduă a asteroizilor a dus la confirmarea ipotezei teoretice a lui Lagrange prin descoperirea existenței reale a acestui caz, chiar în cadrul sistemului nostru planetar. Prin aceasta ne convingem, în mod demonstrativ, de însemnătatea pe care o prezintă studierea acelor numeroase corpuri cerești denumite laolaltă planete mici.

### Alte bolți cerești

Noi am mai făcut o excursie imaginară pe suprafața Lunii, pentru ca de acolo să ne aruncăm privirea pe Pămînt și pe alți aștri cerești.

Să vizităm acum în gînd planetele sistemului solar și să contemplăm de acolo priveliștea bolții cerești.

Începem cu *Venus*. Dacă atmosfera de pe planeta *Venus* ar fi destul de transparentă, am vedea discul Soarelui de două ori mai mare în suprafață ca Soarele văzut de pe Pământ (fig. 68). În legătură cu aceasta, căldura și lumina primite de la Soare de *Venus* au o intensitate dublă față de cantitatea de lumină și căldură iradiate de Soare spre Pământ. În timpul nopții am remarcat pe cerul planetei *Venus* o stea deosebit de luminoasă. Este Pământul, care pe cerul lui *Venus* are o strălucire mai mare decât *Venus* pe

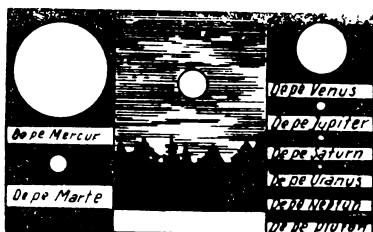


Fig. 68. Dimensiunile vizibile ale Soarelui văzut de pe Pământ și de pe alte planete.

cerul nostru, cu toate că dimensiunile ambelor planete sînt aproape aceleași. Nu e greu de înțeles de ce lucrurile stau așa. *Venus* se rotește mai aproape de Soare, ca Pământul. De aceea, în perioada apropierei maxime față de Pământ nu o putem vedea de loc; ea este întoarsă spre noi cu partea întunecată a ei. Este nevoie ca să se deplaseze puțin într-o parte spre a deveni vizibilă, și atunci încă partea luminată reprezintă doar o seceră îngustă, constituind o mică parte din discul planetei. În schimb Pământul, în perioada apropierei maxime de *Venus*, luminează cu discul *plin*, așa cum se întâmpla cu *Marte* privit de pe Pământ în aceleași condițiuni. În concluzie, pe cerul lui *Venus*, Pământul, în faza lui plină, luminează de șase ori mai puternic ca *Venus* la noi în perioada de strălucire maximă a ei. Repetăm: ipoteza de mai sus este condiționată de existența unui cer perfect limpede pe planeta vecină. Ar fi eronat însă să credem că strălucirea Pământului, revărsîndu-se din plin pe partea umbrită a planetei *Venus*, ar putea condiționa „lumina cenușie” a ei: lumina iradiată de pe Pământ spre *Venus* este egală

ca intensitate cu lumina provenită de la o lumânare la o distanță de 35 m ; firește, o astfel de lumină nu este suficientă pentru a da naștere fenomenului „luminii cenușii“.

Lumina Pământului pe cerul lui Venus se unește de multe ori cu lumina Lunei care, luată separat, strălucește, văzută de pe Venus, de patru ori mai puternic decât Sirius. Este problematic ca în sistemul solar să se găsească un obiect care să lumineze mai puternic ca acest cuplu de aștri — Pământ-Lună — care împodobesc cerul lui Venus. De pe această planetă, de cele mai multe ori, Pământul și Luna s-ar putea vedea separat, iar în telescop s-ar profila chiar detaliile de pe suprafața Lunei.

O altă planetă, strălucind viu pe cerul lui Venus, este Mercur — Luceafărul ei din zori și amurg. Dar, și de pe Pământ, Mercur strălucește ca o stea luminoasă în fața căreia Sirius pălește. Pe Venus el strălucește aproape de trei ori mai puternic decât pe Pământ. În schimb, strălucirea lui Marte aici este de  $2\frac{1}{2}$  ori mai slabă ; mai slabă ca a lui Jupiter, văzut de noi.

În ceea ce privește stelele fixe, așezarea constelațiilor pe cerul tuturor planetelor din sistemul solar este absolut identică. De pe Mercur, Jupiter, Saturn, Neptun sau Pluton am vedea stelele așezate în același fel. Atît de mare este distanța la care se află stelele în comparație cu distanțele planetare !



Să ne luăm zborul de pe Venus spre micul Mercur. Să ne mutăm în lumea ciudată, lipsită de atmosferă, a acestei planete, unde nu există zi și noapte. Aici Soarele stă suspendat pe cer, ca un disc uriaș, a cărui suprafață este de șase ori mai mare decât a Soarelui văzut de pe Pământ (fig. 68). Planeta noastră luminează de două ori mai puternic pe cerul lui Mercur, decât Venus pe Pământ. Însăși Venus are aici o strălucire neobișnuită. Nicăieri în sistemul nostru planetar, nici o stea și nici o planetă nu luminează așa orbitor ca Venus pe cerul negru, fără nori, al planetei Mercur.



Să ne mutăm pe Marte. De aici discul Soarelui se vede de trei ori mai mic în suprafață decât pe Pământ (fig. 68). Planeta noastră reprezintă pentru Marte Luceafărul de dimineață

și de seară, așa cum este pentru noi Venus, doar că este ceva mai puțin strălucitoare ca ea, avînd cu aproximație strălucirea lui Jupiter văzut de noi. Pămîntul nu poate fi văzut niciodată de aici în faza lui plină; marțienii nu ar putea vedea decît cel mult  $\frac{3}{4}$  din discul pămîntului. Luna noastră ar fi văzută de pe Marte cu ochiul liber, ca o stea aproape tot atît de strălucitoare ca și Sirius. Prin telescop s-ar putea urmări atît fazele Pămîntului, cît și fazele Lunei.

Remarcabil trebuie să fie pe cerul lui Marte cel mai apropiat satelit al său — Phobos; cu toată micimea lui (diametrul de 16 km), pentru că este așa de aproape de Marte, în perioada de „Phobos plin” strălucește de 25 de ori mai puternic ca Venus la noi. Cel de al doilea satelit — Deimos — are o strălucire mult mai mică; totuși, pe cerul lui Marte, și el luminează mai puternic decît Pămîntul. Deși dimensiunile lui Phobos sînt mici, el fiind atît de aproape de Marte, de aci se pot vedea perfect toate fazele lui. Un om cu o privire ageră ar putea probabil observa și fazele lui Deimos (Deimos este vizibil de pe Marte sub un unghi de 1 minut, iar Phobos — sub un unghi de 6 minute).

Înainte de a porni mai departe, să ne oprim puțin pe suprafața celui mai apropiat satelit al lui Marte. Vom admira de aici o priveliște excepțională: pe cer strălucește, schimbîndu-și la intervale scurte fazele, un disc uriaș, de cîteva mii de ori mai luminos decît Luna pe cerul nostru. Este Marte. Discul său ocupă pe cer  $41^\circ$ , adică de 80 de ori mai mult decît Luna la noi. O astfel de priveliște neobișnuită se mai poate vedea numai pe cerul celui mai apropiat satelit al lui Jupiter.



Să trecem mai departe pe planeta uriașă mai susamintită. Dacă cerul pe Jupiter ar fi senin, Soarele ar lumina aici ca un disc de 25 de ori mai mic în suprafață decît pe cerul nostru (fig. 80); lumina iradiată de el ar fi tot de atîtea ori mai slabă. Ziua scurtă de cinci ore este urmată curînd de noapte; începem să căutăm pe cerul înstelat planetele cunoscute. Le vom găsi; dar ce schimbate sînt! Mercur se pierde complet în razele Soarelui; Venus și Pămîntul pot fi observate în telescop doar în amurg — ele apun o dată cu



Soarele<sup>1</sup>. Marte abia se zărește. În schimb Saturn rivalizează în strălucire cu Sirius.

Un loc vizibil pe cerul lui Jupiter îl dețin „Lunile“ lui : sateliții I și II au aceeași strălucire ca Pământul pe cerul lui Venus ; satelitul III este de trei ori mai luminos ca Pământul văzut de pe Venus, iar sateliții IV și V — de câteva ori mai strălucitori ca Sirius. În ceea ce privește dimensiunea lor, diametrul aparent al primilor patru sateliți este mai mare ca diametrul aparent al Soarelui. Primii trei sateliți la fiecare înconjur trec prin umbra lui Jupiter, astfel că în faza lor plină nu sînt vizibili niciodată. În această lume au loc de asemenea și eclipse totale de Soare. Zona de vizibilitate a lor se reduce însă la o fîșie foarte îngustă de pe suprafața lui Jupiter.

Este problematic însă că atmosfera de pe Jupiter este tot așa de transparentă ca pe Pământ ; înălțimea și densitatea ei pun la îndoială acest lucru. Densitatea pronunțată a atmosferei pe Jupiter poate condiționa aici un fenomen optic foarte original, legat de refracția razelor de lumină. Refracția razelor în atmosfera Pământului este neînsemnată și are drept consecință înălțarea (optică) a astrilor de pe cer. Înălțimea și densitatea mare a atmosferei pe Jupiter ar putea, eventual, da naștere la fenomene optice asemănătoare mult mai pronunțate. Razele, plecînd cu o mare înclinație dintr-un punct al suprafeței (fig. 69), nu părăsesc atmosfera, ci se curbează în jurul planetei, ca undele-radio în atmosfera Pământului. Dacă în acest punct s-ar afla un observator, ar putea vedea un fenomen extrem de neobișnuit. I se va părea că se află în fundul unei cupe uriașe. În interiorul cupei se întinde aproape întreaga suprafață a giganticei planete, ale cărei contururi se îngustează mult în apropierea marginilor cupei. Deasupra cupei se întinde cerul — nu bolta cerească ca la

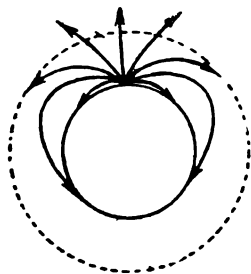


Fig. 69. Presupusa refracție a razelor de lumină în atmosfera lui Jupiter. (Despre consecințele acestui fenomen, vezi textul.)

<sup>1</sup> Pământul pe cerul lui Jupiter luminează ca o stea de magnitudinea 8-a (n. a.).

noi — ci *cerul întreg*, care spre marginile cupei devine spălăcit și cețos în contururile sale. Soarele nu dispăre niciodată de pe acest cer ciudat, astfel că la miezul nopții el poate fi văzut din orice punct al planetei. Deocamdată, firește, nu putem afirma că pe Jupiter s-ar petrece în realitate astfel de fenomene.

De mare efect este priveliștea pe care o prezintă însăși Jupiter văzut de pe cei mai apropiați sateliți ai săi (fig. 70).



Fig. 70. Jupiter văzut de pe cel de al treilea satelit al său.

De pildă, văzut de pe cel de al V-lea satelit al său (cel mai apropiat), discul uriaș al planetei are un diametru de aproape 90 de ori mai mare ca diametrul Lunei <sup>1</sup> și luminează doar de 6—7 ori mai slab ca Soarele. Când marginea lui inferioară atinge orizontul, marginea superioară trece prin mijlocul bolții cerești. Coborînd sub linia orizontului, discul ocupă a opta parte din conturul său. Peste acest disc, cu o mare viteză de rotație, trec din cînd în cînd cercuri întunecate — sînt umbrele sateliților lui Jupiter — care, bineînțeles, nu au puterea de a „umbri“ mai simțitor gigantica planetă.

Trecînd la următoarea planetă — *Saturn* — vom urmări numai cum ar apărea în ochii unui spectator de pe Saturn vestitele inele ale acestei planete. Aflăm, în primul rînd,

<sup>1</sup> Unghiul sub care s-ar vedea diametrul lui Jupiter de pe acest satelit este de peste  $44^\circ$  (n. a.).

că aceste inele nu se văd din toate punctele de pe suprafața lui Saturn. Pornind de la poli și pînă la paralela 64 este zonă în care inelele nu se văd de loc. La hotarul acestor zone polare poate fi văzută doar marginea exterioară a inelului exterior (fig. 71). Începînd cu paralela 64 pînă la paralela 50, condițiile de vizibilitate a inelelor se ameliorează, ele încep să se vadă tot mai mult, iar la paralela 50 putem admira lățimea integrală a inelelor, care se prezintă sub un unghi maximum de  $12^\circ$ . O dată cu apropierea de ecuatorul planetei ele încep să se îngusteze pentru ochiul nostru, cu toate că se înalță față de orizont. La ecuatorul lui Saturn inelele pot fi văzute sub forma unei dungi foarte înguste, care taie bolta cerească de la apus la răsărit și trece prin zenit.

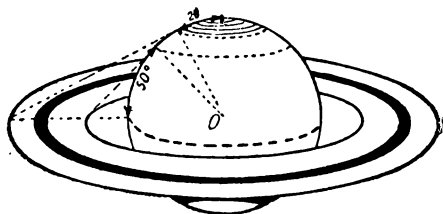


Fig. 71. Cum stabilim vizibilitatea inelelor lui Saturn pentru diferite puncte de pe suprafața acestei planete. În zona polară, pînă la paralela 64, inelele nu se văd de loc.

Cele spuse de noi nu ne dau totuși imaginea completă a condițiilor de vizibilitate a inelelor lui Saturn. Trebuie să nu uităm că numai o singură parte a inelelor este luminată în permanență, cealaltă rămînînd în umbră. Această parte luminată este vizibilă doar de pe acea jumătate a lui Saturn spre care este întoarsă. În decursul unei îndelungate jumătăți de an „saturnian“, inelele pot fi văzute numai de pe o jumătate de planetă (în restul timpului, ele se văd de pe cealaltă jumătate) și, de cele mai multe ori, numai în cursul zilei. În orele scurte, cînd inelele pot fi văzute noaptea, ele sînt acoperite de umbra planetei. În sfîrșit, încă un amănunt interesant: zonele ecuatoriale ale planetei sînt uneori acoperite de umbra inelelor ani „pămînteni“ de-a rîndul.

Fără îndoială că cel mai feeric tablou l-ar putea privi un spectator de pe unul din cei mai apropiați sateliți ai lui Saturn. Cînd această planetă împreună cu inelele sale nu este în fază plină și apare ca o seceră, prezintă aici o priveliște ce nu poate fi admirată din nici un alt punct al familiei noas-

# Sistemul planetar

Dimensiuni. Masă. Densitate. Sateliți.

Numele planetei	Diametrul mijlociu			Volumul (Păm. = 1)	Masa (Păm. = 1)	Densitatea		Nr. de sateliți
	aparent în sec. de arc.	calculat				Păm. = 1	Apa = 1	
		în km.	pământ = 1					
Mercur	14—4,7	4 700	0,37	0,050	0,054	1,00	5,5	—
Venus	64—10	12 400	0,97	0,90	0,814	0,92	5,1	—
Pământul	—	12 757	1	1,00	1,000	1,00	5,52	1
Marte	25—3,5	6 600	0,52	0,14	0,107	0,74	4,1	2
Jupiter	50—30,5	142 000	11,2	1295	318,4	0,24	1,35	12
Saturn	20,5—15	120 000	9,5	74	95,2	0,13	0,71	9
Uranus	4,2—3,4	51 000	4,0	63	14,6	0,23	1,30	5
Neptun	2,4—2,2	55 000	4,3	78	17,3	0,22	1,20	2
Pluton	0,2?	5 900	0,47	0,1	?	?	?	?

Distanța. Revoluția. Rotația. Gravităția

Numele planetei	Distanța mijlocie		Excentricitatea orbitei	Durata revoluției în jurul Soarelui în ani terestri	Viteza mijlocie pe orbită în km/sec	Perioada de rotație în jurul axeii proprii	Inclinarea planu- lui Ecuatorului pe planul orbitei	Intensitatea gra- vitației pe supra- față (P <sub>am.</sub> = 1)
	În unități astronomice	În milioane de km						
Mercur	0,387	57,9	0,21	0,24	47,8	88	?	0,26
Venus	0,723	108,1	0,007	0,62	35	30?	?	0,90
Pământ	1,000	149,5	0,017	1	29,76	23—56	23°27'	1
Marte	1,524	227,8	0,093	1,88	24	24 37	25°10'	0,37
Jupiter	5,203	777,8	0,048	11,86	13	9 55	3°01'	2,64
Saturn	9,532	1 426,1	0,056	29,46	9,6	10 14	26°45'	1,13
Uranus	19,191	2 869,1	0,047	84,02	6,8	10 48	98°00'	0,84
Neptun	30,071	4 495,7	0,009	164,8	5,4	15 48	29°36'	1,14
Pluton	39,458	5 899,1	0,25	247,7	4,7	?	?	?

*Mercur la distanță  
minimă (invizibilă) și  
cea maximă*

*Venus la distanță minimă  
(invizibilă) invizibilă la  
distanță maximă (seceră) și la  
distanță mare*

*Marte la distanță  
minimă și maximă*

*Jupiter cu patru din zece*

*cel mai mare satelit,  
și alții*

*Saturn cu cel mai mare  
satelit al său*

Fig. 72. Cum se văd Luna și planetele într-un telescop care mărește de 100  
planetelor și ale Lunei se prezintă



ori. Desenul trebuie ținut la o distanță de 25 cm de ochi ; atunci discurile așa cum le vede ochiul în telescop.

tre planetare. Pe cer se profilează o seceră uriașă întretăiată de dunga îngustă a inelelor, văzute dintr-o parte, iar în jurul lor se află grupul inelelor lui Saturn, de asemenea sub formă de seceri, cu deosebirea că sînt mult mai mici.

Tabelul de mai jos arată — în ordine descrescîndă — strălucirea comparativă a diferitelor corpuri cerești pe cerul altor planete.

- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Venus de pe Mercur        | 8. Mercur de pe Venus           |
| 2. Pămîntul de pe Venus      | 9. Pămîntul de pe Marte         |
| 3. Pămîntul de pe Mercur     | 10. <i>Jupiter de pe Pămînt</i> |
| 4. <i>Venus de pe Pămînt</i> | 11. Jupiter de pe Venus         |
| 5. Venus de pe Marte         | 12. Jupiter de pe Mercur        |
| 6. Jupiter de pe Marte       | 13. Saturn de pe Jupiter        |
| 7. <i>Marte de pe Pămînt</i> |                                 |

Am subliniat rîndurile 4, 7 și 10 planetele văzute de pe Pămînt, pentru că strălucirea lor cunoscută nouă ne poate servi ca bază în aprecierea vizibilității corpurilor cerești de pe alte planete. Din acest tabel reiese, în mod demonstrativ, că propria noastră planetă — Pămîntul — din punct de vedere al luminozității, deține unul din primele locuri pe cerul planetelor celor mai apropiate de Soare; chiar pe cerul lui Mercur ea strălucește mai puternic decît Venus și Jupiter la noi.

În paragraful „Magnitudinea stelară a planetelor“ (cap. IV) vom reveni la o apreciere cantitativă mai exactă a strălucirii Pămîntului, precum și a altor planete.

În încheiere dăm o serie de date cifrice, referitoare la sistemul solar. Ele ar putea fi necesare cititorului din punct de vedere informativ.

Soarele : diametru — 1 390 600 km, volum (în raport cu al Pămîntului) 1 301 200, masa (în raport cu a Pămîntului) — 333 434, densitatea (în raport cu apa) — 1,41.

Luna : diametru — 3 473 km, volum (Pămîntul = 1) — 0,0203, masa (Pămîntul = 1) — 0,0123, densitatea (apa = 1) — 3,34. Distanța medie de la Pămînt 384 400 km.

Tabelul de la pag. 154 conține date referitoare la planetele sistemului solar.

Figura 72 prezintă imaginea demonstrativă de felul cum apar planetele într-un telescop mijlociu, cu putere de mărire



de 100 de ori. Spre comparație, în partea stîngă se arată Luna, văzută prin același telescop (desenul trebuie ținut la o distanță de vizibilitate clară, adică la 25 cm de ochi). Sus în dreapta este redat Mercur, mărit în aceeași măsură, în perioadele de apropiere minimă și maximă de Pămînt. Dede-subt este Venus, apoi Marte, sistemul lui Jupiter, și la urmă Saturn cu cel mai mare satelit al său.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Celor ce doresc să-și completeze individual cunoștințele cu privire la sistemul so'ar li se poate recomanda „Cursul de astronomie generală” al Prof. S. N. Blajev, Gostehizdat, 1947, curs care cuprinde amănunte în această problemă (n. a.).



P A C E



SOARELE

## CAPITOLUL IV

### STELELE

#### De ce stelele au aspect de stele?

Privind stelele cu ochiul liber vedem că ele au raze. Motivul pentru care stelele ne apar cu raze se datorește ochiului nostru, al cărui cristalin nu dispune de o suficientă transparentă, deoarece nu are o constituție omogenă ca sticla de bună calitate, ci o constituție fibroasă. Iată ce spune Helmholtz despre asta (în articolul „Succesele teoriei văzului”) :

„Imaginea punctelor luminoase, formată în interiorul ochiului, sclipește neîntemeiat. Vina o poartă cristalinul, ale cărui fibre sînt așezate în șase direcții radiale. Razele care ni se par că provin dintr-un punct luminos — de exemplu de la stele sau de la lumini îndepărtate — nu sînt altceva decît manifestări ale conformației radiale a cristalinului. Cît de generalizat este acest neajuns al ochiului reiese din faptul că orice obiect strălucitor se spune, de obicei, că are formă de stea.“

Există modalitatea de a ne elibera de influența acestui neajuns al cristalinului nostru și să vedem stelele lipsite de raze, fără a face uz de telescop. Această modalitate a fost indicată cu 400 de ani în urmă de Leonardo da Vinci.

„Privește — scria el — stelele fără raze. Aceasta se poate realiza privindu-le printr-un orificiu extrem de mic, printr-o

gaură de ac, de care îţi apropii ochiul. Vei vedea stelele atît de mici, încît nimic nu poate să ţi se pară mai mic ca ele.“

Spusele lui Vinci nu contravin celor afirmate de Helmholtz despre provenienţa „razelor stelare“. Dimpotrivă, experienţa descrisă confirmă această teorie : privind printr-un orificiu foarte mic, lăsăm să treacă spre ochiul nostru doar o fîşie subţire de lumină, care trece prin centrul cristalinului, pentru care motiv nu suportă influenţa structurii sale radiale<sup>1</sup>.

Prin urmare, dacă ochiul nostru ar avea o conformaţie mai perfectă, nu am vedea pe cer „stele“, ci mici puncte luminoase.

## De ce stelele sclipesc, iar planetele lucesc fără a sclipi ?

A deosebi cu ochiul liber o stea fixă de una „rătăcitoare“, adică de o planetă<sup>2</sup>, este foarte uşor, chiar fără să cunoşti harta bolţii cereşti. Planetele lucesc cu o lumină *constantă*, în timp ce stelele sclipesc în permanenţă, parcă ar exploda, au un tremur, intensitatea lor de lumină variază, iar stelele mai vii, mai luminoase, nu departe de orizont, îşi schimbă din clipă în clipă culorile. „Această lumină — spune Flammarion — cînd vie, cînd slabă, schimbîndu-se de la o clipă la alta, ba albă, ba verde, ba roşie, sclipitoare ca un diamant transparent, înviorează pustiurile stelare, îndemnîndu-te să vezi în stele nişte ochi ce privesc spre pămînt“. Stelele sclipesc deosebit de puternic şi frumos în nopţile cu ger, atunci cînd e vînt, sau după ploaie, cînd cerul s-a curăţat de nori<sup>3</sup>. Stelele din apropierea orizontului sclipesc mai puternic

---

<sup>1</sup> Vorbind despre razele stelelor nu ne referim la raza care parcă coboară de pe stea spre ochiul nostru în clipa cînd o privim cu ochiul făcut mic : acest fenomen este condiţionat de difracţia luminii pe genele ochiului (n. a.).

<sup>2</sup> Sensul iniţial al cuvîntului grecesc „planeta“ înseamnă „stea rătăcitoare“ (n. a.).

<sup>3</sup> În timpul verii, sclipirea puternică a stelelor precede ploaia, după cum prevesteşte şi apropierea ciclonului. Înaintea ploii stelele se scaldă exclusiv într-o lumină *albastră*, iar înainte de secetă, într-o lumină *verde* (n. a.).

decît cele ce strălucesc sus pe bolta cerească ; stelele albe mai puternic decît stelele gălbui sau roșiatice.

Asemenea razelor de lumină sclipirea nu constituie o proprietate a stelelor ; ea este un atribut al atmosferei prin care razele stelelor trebuie să treacă înainte de a ajunge la ochiul nostru. Dacă ne-am ridica deasupra învelișului *de gaz în perpetuă mișcare*, prin care privim Universul, nu am mai observa că stelele sclipesc : acolo ele strălucesc cu o lumină constantă, fără fluctuații.

Cauza care stă la baza sclipirii stelelor este aceeași care face ca, în zilele cu arșiță, cînd solul este încins de Soare, obiectele din depărtare să tremure parcă.

Lumina stelelor nu trece printr-un mediu omogen, ci prin straturi de gaze cu temperaturi și densități diferite, prin urmare și cu o putere de refracție diferită. Ai impresia că într-o astfel de atmosferă s-au împrăștiat fel de fel de prisme optice, lentile convexe și concave, care își schimbă neconținut poziția. Datorită lor, razele de lumină suferă numeroase devieri de la drumul drept, cînd concentrîndu-se, cînd dispersîndu-se. Această împrejurare cauzează schimbările de intensitate a luminii stelelor și, pentru că o dată cu refracția se produce și descompunerea luminii, oscilațiile de intensitate ale luminii stelelor sînt însoțite de variații de *culori*.

Astronomul G. A. Tihov, care a studiat fenomenul sclipirii stelelor, scrie că „există metode care permit să se calculeze de cîte ori își schimbă o stea culoarea într-un interval de timp anumit. S-a constatat că aceste schimbări se petrec cu multă rapiditate, iar numărul lor oscilează de la caz la caz, între cîteva zeci pînă la o sută de ori și mai bine pe secundă. Ne putem convinge de acest lucru foarte simplu, în felul următor : luați un binoclu și priviți prin el la o stea luminoasă mișcînd în cerc cu rapiditate partea dinspre obiectivul său. În locul stelei veți vedea un inel format din mai multe stele de culori diferite. Cînd sclipirea stelelor nu este prea vie, sau cînd răsucim binocluul mai încet, în locul inelului de stele obținem niște dungi de culori și mărimi diferite“.

Ne rămîne să explicăm de ce planetele, spre deosebire de stele, nu sclipesc, ci strălucesc cu o lumină constantă. Planetele sînt mult mai aproape de noi ca stelele ; de aceea ochiul nostru nu le vede ca niște puncte, ci ca niște *cerculețe* luminoase, sau discuri, cu dimensiuni unghiulare, însă așa de mici

încît, datorită strălucirii orbitoare a lor, aceste dimensiuni unghiulare aproape că nu se observă.

Fiecare punct în parte al unui astfel de disc sclipeşte, dar variaţia de intensitate şi culoare a diferitelor puncte se produce independent unul de altul, în momente diferite de timp, pentru care motiv se completează unul pe celălalt; diminuarea de intensitate în strălucirea unui punct coincide cu intensificarea strălucirii celui alt punct, aşa încît intensitatea totală de luminozitate a planetei rămîne neschimbată. Iată de ce planetele au o lumină constantă, fără sclipiri.

Prin urmare, planetele nu sclipesc în ochii noştri, pentru că mai multe puncte de pe suprafaţa lor sclipesc laolaltă în momente diferite.

## Sînt vizibile stelele ziua ?

În timpul zilei, deasupra noastră, se găsesc pe cer acele constelaţii, care peste o jumătate de an vor împodobi din nou cerul de noapte. Atmosfera Pămîntului luminată de Soare ne împiedică să le vedem, deoarece particulele de aer dispersează razele Soarelui într-o cantitate mai mare decît cele pe care ni le trimit stelele<sup>1</sup>.

O experienţă simplă ne poate demonstra această dispariţie a stelelor în timpul zilei. În peretele unei cutii de carton se perforează cîteva puncte asemănătoare unei constelaţii oarecare, iar pe partea exterioară se lipeşte o coală de hîrtie albă. Cutia este pusă într-o cameră obscură şi se luminează în interiorul ei ; în orificiile peretelui perforat apar în evidenţă puncte luminoase. Dacă aprindem însă lumina în cameră, fără a o stinge pe cea din interiorul cutiei, stelele

---

<sup>1</sup> Privind cerul de pe un munte înalt, astfel ca partea cea mai densă şi prăfuită a atmosferei să fie mai jos de tine, ai putea vedea şi în timpul zilei stelele mai luminoase. Astfel, de pe muntele Ararat (5 km înălţime), la ora două ziua se pot vedea bine stelele de magnitudinea întâi ; acolo cerul este albastru închis. Este curios însă că echipajul stratostatului „Osoaviachim 1“, aflîndu-se la o înălţime de 21 km, nu a remarcat vreo stea, deşi cerul avea o culoare „neagră-violet“, potrivit însemnărilor lui Fedoseenko şi Vasenko (n. a.).

artificiale de pe coala de hîrtie vor dispărea fără urmă ; această „lumină a zilei“ trece în umbră stelele.

De multe ori citim că din fundul unor mine adînci, din fundul fîntînilor sau a coşurilor înalte de fum etc., stelele pot fi văzute şi ziua. Această convingere destul de frecventă, în sprijinul căreia erau citate personalităţi cu renume, a fost supusă recent la o verificare critică şi contestată în cele din urmă.

În realitate, nimeni dintre autorii care au scris despre asta — de la Aristotel, din antichitate, şi pînă la Herschel, în secolul al XIX-lea — nu a văzut stelele în asemenea împrejurări. Toţi vorbesc despre mărturiile unor terţe persoane. Dar în ce măsură sînt uneori neverosimile mărturiile unor „martori oculari“ ne-o demonstrează următorul exemplu : Într-o revistă americană a apărut un articol care considera de domeniul fanteziei afirmaţia că stelele pot fi văzute ziua din fundul unei fîntîni. Această părere a fost energic combătută de scrisoarea unui fermier care pretindea că văzuse el însuşi în timpul zilei stelele Capella şi Algol dintr-un turn de siloz înalt de 20 de metri. Verificîndu-se acest lucru, s-a lămurit că la latitudinea unde se afla ferma respectivului martor ocular, niciuna din stelele indicate nu se afla la zenit în perioada din an indicată, deci nu puteau fi văzute din adîncul turnului.

Din punct de vedere teoretic nu există temeieri care să confirme că o mină sau o fîntînă ar putea contribui la vizibilitatea stelelor în timpul zilei. Cum am mai spus, stelele nu pot fi văzute ziua pentru că le copleşeşte lumina difuză a cerului. Această circumstanţă rămîne neschimbată chiar pentru un ochi aflat în fundul minei. Lipseşte doar lumina laterală de-a lungul pereţilor minei, dar razele împrăştiate de toate particulele straturilor de aer deasupra deschizăturii minei trebuie să împiedice, în aceeaşi măsură, vizibilitatea stelelor.

În această împrejurare are importanţă un singur fapt : că pereţii fîntînii feresc ochii de razele puternice ale Soarelui, ceea ce ar facilita doar vizibilitatea planetelor mai luminoase şi nicidecum a stelelor.

Stelele pot fi văzute în telescop în cursul zilei nu pentru că le privim „din fundul unui tub“, ci pentru că refracţia razelor în sticlă şi reflexia lor în oglinzi diminuează luminozi-

tatea sectorului respectiv din bolta cerească, în timp ce, dimpotrivă, strălucirea stelei însăși (văzută ca un punct) se intensifică. Într-un telescop al cărui obiectiv are un diametru de 7 cm pot fi văzute în timpul zilei stele de magnitudinea unu sau chiar doi. În ceea ce privește minele, fântânile sau coșurile de fum, ele nu au nici o legătură cu vizibilitatea stelelor în timpul zilei.

Alta este situația când vorbim despre planete cu o mare luminozitate ca Venus, Jupiter sau Marte în perioada de distanță minimă față de Pământ. Ele strălucesc mult mai puternic decât stelele și de aceea pot fi văzute chiar ziua, dacă sînt condiții favorabile<sup>1</sup>.

## Ce reprezintă magnitudinea stelară?

Faptul că există stele de magnitudinea unu sau magnitudinea doi îl cunosc și cei ce sînt profani în problemele de astronomie. Aceste expresii sînt uzuale. Prea puțini știu însă că stelele mai pot fi și de magnitudinea zero sau chiar de magnitudine negativă. Li s-ar părea curios ca cei mai strălucitori aștri cerești să facă parte din categoria stelelor de mărime negativă. De pildă, Soarele nostru este „o stea de magnitudinea minus 27”. Unii ar putea susține, eventual, că se denaturează noțiunea de număr negativ. Cu toate acestea tocmai aici ni se oferă un exemplu demonstrativ de aplicare consecventă a teoriei numerelor negative.

Vom analiza mai detaliat clasificarea stelelor după mărimi. Nu este nevoie să subliniem că prin „mărimea<sup>2</sup> sau magnitudinea” unei stele nu înțelegem, în acest caz, dimensiunile ei geometrice, ci strălucirea ei vizibilă. Încă din antichitate, stelele mai strălucitoare care se aprindeau primele pe bolta cerească au fost catalogate și considerate stele de mărimea întâi. După ele veneau stelele de mărimea a doua, de mărimea a treia etc., pînă la cele de mărimea a șasea, care abia se

---

<sup>1</sup> Vezi, în legătură cu aceasta, la pag. 121 subtitlul „Planetele la lumina zilei” (n. r.).

<sup>2</sup> În ultima vreme se utilizează numai termenul de „magnitudine” (n. red. rom.).

zăresc cu ochiul liber. Această împărțire subiectivă a stelelor nu putea satisface pe astronomii moderni. S-au elaborat baze mai riguroase de clasificare a stelelor după strălucirea lor, și iată în ce fel : s-a stabilit că cele mai strălucitoare stele sînt în *medie* (aceste stele nu au o strălucire egală) de 100 ori mai strălucitoare ca cele mai slabe stele vizibile cu ochiul liber.

Scala de gradații a strălucirii stelelor este stabilită în așa fel, că raportul de strălucire dintre două stele de mărimi consecutive rămîne constant. Dacă echivalăm acest „raport de luminozitate“ cu „n“, obținem :

Stelele de mărimea 2 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de „n“ ori,

Stelele de mărimea 3 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 2 de „n“ ori,

Stelele de mărimea 4 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 3 de „n“ ori etc.

Dacă comparăm însă strălucirea stelelor de toate magnitudinile cu strălucirea stelelor de magnitudinea unu vom avea :

Stelele de mărimea 3 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de  $n^2$  ori,

Stelele de mărimea 4 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de  $n^3$  ori,

Stelele de mărimea 5 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de  $n^4$  ori,

Stelele de mărimea 6 sînt mai slabe ca stelele de mărimea 1 de  $n^5$  ori.

Cercetările au dus la concluzia că  $n^5 = 100$ . În această situație nu este greu de aflat (cu ajutorul logaritmilor) valoarea raportului de lumină „n“

$$n = \sqrt[5]{100} = 2,5^1$$

Prin urmare, stelele de o anumită magnitudine luminează de  $2\frac{1}{2}$  ori mai slab ca stelele magnitudinii precedente.

---

<sup>1</sup> Coeficientul mai exact al raportului de luminozitate este de 2,512 (n. a.).



Vom cerceta mai amănunțit grupul stelelor cu strălucire mai mare. Am mai remarcat că ele nu strălucesc la fel; unele luminează de câteva ori mai puternic decât strălucirea medie, altele mai slab; (strălucirea medie a acestor stele depășește de 100 de ori strălucirea stelelor abia vizibile cu ochiul liber).

Să găsim cum poate fi exprimată strălucirea stelelor care luminează de  $2\frac{1}{2}$  ori mai puternic ca o stea medie de mărimea întâi. Care este cifra premergătoare lui 1? Cifra 0. Deci aceste stele trebuie trecute în categoria stelelor de mărimea „zero”. La ce categorie, însă, trebuie trecute stelele care nu depășesc luminozitatea stelelor de mărimea întâi de  $2\frac{1}{2}$  ori, ci de  $1\frac{1}{2}$  ori sau de două ori? Locul lor este între magnitudinile 1—0, adică mărimea stelară a astrului respectiv se exprimă printr-o fracție pozitivă; se spune uneori despre o stea că este de „mărimea 0,9”, de „mărimea 0,6” etc. Aceste stele sînt *mai strălucitoare* decât o stea de mărimea întâi.

După cele spuse, devine limpede necesitatea introducerii numerelor negative pentru notarea strălucirii stelelor. Deoarece există stele care, din punct de vedere al intensității luminii, *depășesc* magnitudinea zero, se vede că strălucirea lor trebuie exprimată în cifre ce stau de cealaltă parte a lui zero — cifre negative. Astfel se explică expresii relativ la luminozitatea stelelor, ca: „minus 1”, „minus 2”, „minus 1,6”, „minus 0,9” etc.

În practica astronomică, „mărimea” stelelor este determinată cu ajutorul unor aparate speciale — fotometre: strălucirea unui astru se compară cu strălucirea unei stele, a cărei strălucire este cunoscută, sau cu o „stea artificială” din aparat.

Steaua cea mai strălucitoare de pe cer este Sirius — a cărei magnitudine stelară este „minus 1,6”. Steaua Canopus (vizibilă doar în emisfera sudică) este de mărimea „minus 0,9”. Steaua cea mai luminoasă de pe bolta cerească a emisferei nordice este Vega — de magnitudinea 0,1; Capella și Arcturus sînt de 0,2, Rigel — 0,3, Procyon — 0,5, Altair — 0,9. (Să nu uităm că stelele de magnitudinea 0,5 sînt mai

*strălucitoare* ca cele de magnitudinea 0,9 etc). Dăm, în continuare, tabelul celor mai luminoase stele de pe cer, cu indicarea mărimii lor stelare (în paranteză se indică denumirea constelației) :

Sirius ( $\alpha$ Ciinele Mare) . . . . .	- 1,6	Betelgeuse ( $\alpha$ Orion) . . . . .	- 0,9
Canopus ( $\alpha$ Nava sau Carena) . . . . .	- 0,9	Altair ( $\alpha$ Vulturul) . . . . .	- 0,9
$\alpha$ Centaurul . . . . .	- 0,1	$\alpha$ Crucea Sudului . . . . .	- 1,1
Vega ( $\alpha$ Lira) . . . . .	- 0,1	Aldebaran ( $\alpha$ Taurul) . . . . .	- 1,1
Capella ( $\alpha$ Vizitiul) . . . . .	- 0,2	Pollux ( $\beta$ Gemenii) . . . . .	- 1,2
Arcturus ( $\alpha$ Bouarul). . . . .	- 0,2	Spica ( $\alpha$ Fecioara) . . . . .	- 1,2
Rigel ( $\beta$ Orion) . . . . .	- 0,3	Antares ( $\alpha$ Scorpionul) . . . . .	- 1,2
Procyon ( $\alpha$ Ciinele Mic) . . . . .	- 0,5	Fomalhaut ( $\alpha$ Peștele Austral)-	1,3
Achernar ( $\alpha$ Eridan). . . . .	- 0,6	Deneb ( $\alpha$ Lebadă) . . . . .	- 1,3
$\beta$ Centaurul . . . . .	- 0,9	Regulus ( $\alpha$ Leul) . . . . .	- 1,3

Analizând acest tabel, vedem că stele de mărimea 1 nici nu există : începînd cu stelele de mărimea 0,9 în înșiruirea de mai sus, trecem la stele de mărimea 1,1 sau 1,2 etc., trecînd 1,0 (adică mărimea întîi). Prin urmare, steaua de mărimea întîi constituie doar un standard convențional de luminozitate, fără să poată fi identificat pe bolta cerească.

Să nu credem cumva că divizarea stelelor pe mărimi stelare este condiționată de proprietățile fizice ale stelelor înseși. Ea decurge numai din particularitatea văzului nostru și constituie o consecință a „legii psihofiziologice a lui Weber-Fehner“, care se aplică la toate organele simțurilor noastre. În privința văzului, această lege spune următoarele : cînd intensitatea sursei de lumină se schimbă în progresie geometrică, senzația văzului variază în progresie aritmetică. (Este interesant faptul că aprecierea intensității sunetelor și a zgomotelor se face de către fizicieni, după același principiu ca și stabilirea gradului de luminozitate a stelelor).

Cunoscînd scara astronomică de luminozitate, vom trece la cîteva calcule instructive. Spre exemplu, să calculăm cîte stele de mărimea trei, luate la un loc, luminează cu aceeași intensitate, ca o stea de mărimea întîi. Știm că o stea de mărimea trei luminează de  $2,5^2$  ori, sau de 6,3 ori mai slab ca o stea de mărimea unu ; deci, pentru o echivalare se cer 6,3 astfel de stele. Pentru a înlocui o stea de mărimea unu se cer 15,8 stele de mărimea patru și așa mai departe.

Prin intermediul unor astfel de calcule<sup>1</sup> au fost stabilite cifrele de mai jos :

Spre a înlocui o stea de mărimea unu se cere următorul număr de stele de alte mărimi :

mărimea 2	. . . . .	2,5	mărimea 7	. . . . .	250
„ 3	. . . . .	6,3	„ 10	. . . . .	4 000
„ 4	. . . . .	16	„ 11	. . . . .	10 000
„ 5	. . . . .	40	„ 16	. . . . .	1 000 000
„ 6	. . . . .	100			

Începînd cu magnitudinea şapte trecem în lumea stelelor inaccesibile ochiului liber. Stelele de magnitudinea 16 pot fi văzute numai cu ajutorul unui telescop puternic ; pentru ca să vedem cu ochiul liber aceste stele, capacitatea sensibilă a văzului normal ar trebui să crească de 10 000 ori ; atunci am putea să le vedem așa cum ne apar acum stelulele de magnitudinea şase.

În tabelul de mai sus, fireşte că nu puteau fi incluse stelele de „mărime“ precedentă magnitudinii unu. Să facem deci un calcul şi pentru unele dintre ele. O stea de magnitudinea 0,5 (Procyon) este mai luminoasă ca o stea de mărimea unu de  $2,5^{0,5}$ , adică de  $\frac{1}{2}$  ori. O stea de mărimea 0,9 (Canopus) este mai luminoasă ca o stea de mărimea unu de  $2,5^{1,9}$ , adică de 5,8 ori, iar o stea de mărimea minus 1,6 (Sirius) — de  $2,5^{2,6}$ , adică de 11 ori.

Iată însă un calcul interesant : cîte stele de magnitudinea unu ar putea înlocui lumina provenită de la stelele întregii bolţi cereşti (văzute cu ochiul liber) ?

Să presupunem că pe o singură emisferă a cerului sînt 10 stele de magnitudinea unu. S-a constatat că numărul stelelor din categoria următoare aflate pe cer este de aproximativ trei ori mai mare ca cel din categoria precedentă. În acelaşi timp, strălucirea lor este de 2,5 ori mai mică. De aceea cifra pe care o căutăm este egală cu suma termenilor din următoarea progresie :

$$10 + \left( 10 \cdot 3 \cdot \frac{1}{2,5} \right) + \left( 10 \cdot 3^2 \cdot \frac{1}{2,5^2} \right) + \dots + \left( 10 \cdot 3^5 \cdot \frac{1}{2,5^5} \right)$$

<sup>1</sup> Calculele sînt facilitate de faptul că logaritmul raportului de luminozitate este foarte simplu exprimat : este egal cu 0,4 (n. a.).

$$\frac{10 \cdot \left(\frac{3}{2,5}\right)^6 - 10}{\frac{3}{2,5} - 1} = 95$$

Deci suma care reprezintă strălucirea tuturor stelelor vizibile cu ochiul liber de pe o emisferă a bolții cerești este egală cu aproximativ o sută de stele de magnitudinea unu (sau cu o stea de magnitudinea minus patru).

Dacă am repeta acest calcul, ținând seama, în afară de stelele văzute cu ochiul liber, și de cele accesibile telescopului modern, am constata că lumina totală produsă de ele echivalează cu strălucirea a 1 100 de stele de magnitudinea unu (sau a unei stele de magnitudinea *minus* 6,6).

## Ochiul și telescopul

Să facem o comparație între aspectul stelelor văzute prin telescop și acele văzute cu ochiul liber.

Presupunem că diametrul pupilei ochiului în timpul observațiilor de noapte este de 7 mm. Un telescop al cărui obiectiv este de 5 cm permite pătrunderea razelor în mai mare măsură decât pupila de  $\left(\frac{50}{7}\right)^2$  ori, adică aproximativ de 50 de ori, iar un telescop cu un diametru de 50 cm — de 5 000 de ori. Iată deci de câte ori se mărește luminozitatea stelelor văzute prin telescop! (Cele spuse se referă numai la *stele*, și nicidecum la planete, care au un disc vizibil. Făcând calculul strălucirii imaginii planetei, trebuie de asemeni să ținem seama de mărimea optică a telescopului.)

Cunoscând acest lucru, puteți calcula dimensiunea pe care trebuie să o aibă diametrul unui obiectiv de telescop cu ajutorul căruia să puteți vedea stelele de diferite mărimi; în același timp, trebuie să știți care sînt stelele cele mai slabe ce se pot vedea într-un telescop cu un anumit diametru. Să presupunem, de pildă, că știți că printr-un telescop cu un diametru de 64 cm se pot vedea stele pînă la mărimea 15 inclusiv. Ce diametru trebuie să aibă obiectivul unui telescop

pentru ca să putem vedea stelele din categoria următoare, — de mărimea 16? Formăm proporția

$$\frac{x^2}{64^2} = 2,5.$$

În care  $x$  reprezintă diametrul obiectivului căutat. Avem

$$x = 64 \sqrt{2,5} \approx 100 \text{ cm.}$$

Ar fi nevoie de un telescop cu un obiectiv de un metru. În genere, pentru a vedea stele cu o magnitudine mai slabă, se cere mărirea diametrului obiectului său cu  $\sqrt{2,5}$ , adică de 1,6 ori.

### Magnitudinea stelară a Soarelui și a Lunei

Să continuăm excursia noastră algebrică spre aștri. În cadrul scării folosite la stabilirea luminozității stelelor își pot găsi loc, alături de stelele fixe, și alți aștri — planetele, Soarele și Luna. Vom vorbi în special despre strălucirea planetelor. Cu această ocazie vom arăta mărimea stelară a Soarelui și a Lunei. Mărimea stelară a Soarelui este exprimată prin cifra *minus* 26,8, iar a Lunei pline<sup>1</sup> — *minus* 12,6. În urma celor spuse pînă acum, socotim că cititorul este lămurit pentru ce ambele cifre sînt negative. S-ar putea însă să-l mire diferența nu prea mare între mărimea stelară a Soarelui și cea a Lunei; prima „depășește pe a doua numai de două ori“.

Să nu uităm însă că mărimea stelară reprezintă, în realitate, doar o cifră logaritmică (baza fiind 2,5). Și cum nu are sens ca în comparația unor cifre să împărțim reciproc logaritmiile lor, tot astfel nu are nici un sens să împărțim o cifră cu cealaltă cînd comparăm două mărimi stelare. Rezu-tatul unei comparații juste ni-l demonstrează următorul calcul:

---

<sup>1</sup> În primul și ultimul pătrar, mărimea stelară a Lunei este de *minus* 9 (n. a.).

Dacă mărimea stelară a Soarelui este de „*minus* 26,8“, înseamnă că Soarele este mai strălucitor ca o stea de magnitudinea unu

de 2,5<sup>27,8</sup> ori.

Luna este mai strălucitoare ca o stea de magnitudinea unu de 2,5<sup>13,6</sup> ori.

Prin urmare, luminozitatea Soarelui depășește luminozitatea Lunei pline cu

$$\frac{2,5^{27,8}}{2,5^{13,6}} \approx 2,5^{14,2} \text{ ori.}$$

Calculînd (cu ajutorul tabelelor de logaritm) obținem cifra 447 000. Iată deci raportul real dintre luminozitatea Soarelui și a Lunei. Pe cer senin, Soarele luminează Pămîntul de 447 000 ori mai puternic decît Luna plină în timpul unei nopți senine.

Considerînd cantitatea de *căldură* emanată de Lună, care este proporțională cu cantitatea de lumină răspîndită de ea — lucru într-adevăr apropiat de realitate — trebuie să recunoaștem că și căldura pe care o emană Luna este de 447 000 ori mai mică decît căldura provenită de la Soare. Este lucru știut că fiecare centimetru pătrat la marginea atmosferei Pămîntului primește de la Soare circa 2 calorii mici pe minut. Înseamnă că Luna trimite asupra fiecărui centimetru pătrat de pe Pămînt a 225 000 parte dintr-o calorie mică (adică poate încălzi 1 g de apă într-un minut cu a 225 000 parte dintr-un grad). De aici reiese cît de neîntemeiate sînt toate încercările de a atribui luminii Lunei posibilități cît de mici de a influența condițiile meteorologice ale Pămîntului<sup>1</sup>.

Convingerea destul de frecventă că norii adeseori se volatilizează sub înrîurirea razelor de Lună plină nu este decît o eroare grosolană, justificată prin aceea că dispariția norilor (condiționată de alte cauze) în timpul nopții, este mai ușor observată în nopțile cu lună.

Să lăsăm acum Luna și să calculăm cu cît este mai luminos Soarele decît cea mai strălucitoare stea de pe cer, Sirius.

---

<sup>1</sup> Problema dacă Luna poate influența timpul prin forța ei de atracție, o vom analiza la sfîrșitul cărții (vezi „Luna și timpul“). (n. a.).

După același raționament, putem obține raportul luminozității lor :

$$\frac{2,5^{27,8}}{2,5^{2,6}} = 2,5^{25,2} = 10\,000\,000\,000,$$

adică Soarele este mai luminos ca Sirius de 10 miliarde de ori.

Este foarte interesant și următorul calcul : de câte ori este mai puternică lumina Lunei pline ca totalitatea de lumină provenită de la toate stelele de pe cer, mai precis lumina tuturor stelelor vizibile cu ochiul liber de pe o emisferă a bolții cerești ? Am obținut prin calcule că stelele, începînd cu cele de magnitudinea unu pînă la cele de magnitudinea șase inclusiv, luminează laolaltă cît o sută de stele de magnitudinea unu. Prin urmare, problema se reduce la un calcul care să precizeze de câte ori depășește lumina Lunei strălucirea a o sută de stele de magnitudinea unu.

Raportul este egal cu

$$\frac{2,5^{13,6}}{100} = 2\,700$$

Astfel, într-o noapte senină fără Lună primim de la stele a 2 700-a parte din cantitatea de lumină pe care ne-o da Luna plină și de  $2\,700 \times 447\,000$  ori, sau de 1 200 de milioane de ori mai puțină lumină decît cea primită de la Soare într-o zi senină.

Mai adăugăm că mărimea stelară a unei „lumînări“ internaționale la o distanță de 1 m este de minus 14,2, deci o lumînare la distanța indicată mai sus luminează de  $2,5^{14,2-12,6}$  ori mai puternic decît Luna plină, ceea ce înseamnă că luminează de 4 ori mai mult.

Este interesant de remarcat că un proiector de aviație de două miliarde de lumînări s-ar vedea de pe Lună ca o stea de mărimea  $4\frac{1}{2}$ , adică ar putea fi văzut de acolo cu ochiul liber.

## Adevărata strălucire a stelelor și a Soarelui

• Toate aprecierile cu privire la strălucire, enunțate de noi pînă acum, s-au referit numai la strălucirea vizibilă. Cifrele date reprezintă strălucirea astrelor de la distanța la care ele

se află în realitate. Știm însă că stelele nu se găsesc la aceeași distanță față de noi; de aceea strălucirea vizibilă a stelelor constituie pentru noi un criteriu atât în ceea ce privește luminozitatea lor, cât și distanța la care se află ele — mai bine zis nu reprezintă nici un fel de criteriu atîta timp cît nu defalcăm acești doi factori. În același timp este important de știut care ar fi strălucirea comparativă sau luminozitatea diferitelor stele, dacă acestea s-ar afla la aceeași distanță față de noi.

Ridicînd problema în acest fel, astronomii mai introduc noțiunea de magnitudine „absolută“ a stelelor. Magnitudinea absolută a unei stele este acea mărime pe care ar avea-o o stea dacă s-ar afla la o distanță de 10 „parseci“. *Parsecul* este o unitate de lungime special folosită în exprimarea distanțelor între stele; vom vorbi mai tîrziu despre proveniența ei; pentru moment, însă, arătăm că un parsec constituie circa 30 800 000 000 000 km. Calculul însuși al mărimii absolute nu este greu de făcut dacă cunoaștem distanța stelei și ținem cont de faptul că strălucirea trebuie să scadă proporțional cu pătratul distanței<sup>1</sup>.

Vom aduce la cunoștința cititorului numai două din aceste calcule: pentru Sirius și pentru Soarele nostru. Mărimea *absolută* a lui Sirius este de +1,3, a Soarelui de 4,8. Asta denotă că, de la o distanță de 308 000 000 000 000 km, Sirius ar străluci pentru noi ca o stea de mărimea 1,3, iar Soarele nostru, ca o stea de mărimea 4,8, adică mai slab ca Sirius de

$$\frac{2,5^{3,8}}{2,5^{0,3}} = 2,5^{3,5} = 25 \text{ ori}$$

---

<sup>1</sup> Calculul se poate efectua după următoarea formulă, a cărei proveniență va fi clară pentru cititor cînd se va iniția ulterior mai îndeaproape cu noțiunea de „parsec“ și „paralaxă“

$$2,5^M = 2,5^m \left( \frac{\pi}{0,1} \right)^2$$

în expresia de mai sus  $M$  reprezintă mărimea absolută a stelei,  $m$  — mărimea ei vizibilă,  $\pi$  — paralaxa stelei, exprimată în secunde. Transformările succesive sînt următoarele:

$$\begin{aligned} 2,5^M &= 2,5^m \cdot 100 \pi^2, \\ M \lg 2,5 &= m \lg 2,5 + 2 + 2 \lg \pi, \\ 0,4 M &= 0,4 m + 2 + 2 \lg \pi. \end{aligned}$$



cu toate că luminozitatea aparentă a Soarelui este de 10 000 000 000 ori mai mare ca a lui Sirius.

Ne-am convins că Soarele nu constituie cîtuși de puțin steaua cea mai luminoasă de pe cer. Totuși nu este cazul să considerăm Soarele nostru de mărimea unui pigmeu în mijlocul stelelor ce-l înconjoară. Luminozitatea lui depășește oricum luminozitatea medie. Potrivit datelor statisticii stelare, stele cu luminozitate medie aflate la o distanță de 10 parseci de Soare sînt stelele de magnitudinea absolută nouă. Dat fiind, că magnitudinea absolută a Soarelui este de 4,8, luminozitatea lui este mai mare ca a unei stele medii din „vecinătate” de

$$\frac{2,5^8}{2,5^{3,8}} = 2,5^{4,2} = 50 \text{ ori}$$

Avînd o magnitudine absolută de 25 de ori mai slabă decît cea a lui Sirius, Soarele este totuși de 50 de ori mai luminos ca stelele *medii* din vecinătatea lui.

### Cea mai luminoasă stea dintre cele cunoscute

Luminozitatea cea mai mare o are o stelută de magnitudinea opt, inaccesibilă ochiului liber, care face parte din constelația Peștelui de Aur și marcată cu litera S. Constelația Peștelui de Aur se află în emisfera sudică a bolții cerești și nu poate fi văzută din zona temperată a emisferei noastre. Steaua de care am vorbit face parte din sistemul stelar vecin cu noi, denumit Norul Mic al lui Magellan la o distanță de aproximativ 12 000 ori mai mare ca distanța ce ne separă de Sirius. La o distanță atît de uriașă o stea trebuie să aibă o luminozitate excepțională pentru a putea fi zărită, chiar de mărimea a opta. Sirius, aruncat la o distanță tot atît de mare, ar lumina ca o stea de mărimea 17, adică abia s-ar zări în cel mai puternic telescop.

---

de unde

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi.$$

Pentru Sirius, de exemplu,  $m = -1,6$ ;  $\pi = 0,38$ . De aceea, mărimea absolută a lui este :

$$M = -1,6 + 5 + 5 \lg 0,38 = 1,3. \quad (\text{n. a.})$$

Care este însă luminozitatea acestei stele? Calculul ne dă următorul rezultat: steaua este de mărimea *minus* nouă. Ceea ce înseamnă că ea are o magnitudine absolută de 400 000 de ori mai mare (cu aproximație) ca a Soarelui nostru! Cu această mărime excepțională, această stea, aflându-se la distanța lui Sirius, ar părea de nouă ori mai strălucitoare ca el, mai exact ar avea aproximativ luminozitatea Lunei în faza de pătrar! Steaua, care de la distanța lui Sirius ar inunda Pământul cu atîta lumină, are incontestabil dreptul de a se numi cea mai luminoasă dintre stelele cunoscute de noi.

### Magnitudinea stelară a planetelor pe bolta cerească a Pământului și pe bolta altor corpuri cerești

Să ne întoarcem acum la călătoria imaginară pe alte planete (efectuată de noi în cadrul paragrafului „Alte bolți cerești”), și să apreciem cu mai multă exactitate strălucirea astrilor cerești de acolo. În primul rînd vom arăta magnitudinea stelară a planetelor la maximum de luminozitate a lor pe bolta cerească a Pământului. Iată tabelul:

#### Pe cerul Pământului

Venus . . . . .	- 4,3	Saturn . . . . .	-0,4
Marte . . . . .	- 2,8	Uranus . . . . .	+5,7
Jupiter . . . . .	- 2,5	Neptun . . . . .	+7,6
Mercur . . . . .	- 1,2		

Analizînd acest tabel, vedem că Venus are o strălucire mai mare ca a lui Jupiter cu aproape două mărimi siderale, adică de  $2,5^2 = 6,25$  ori, iar în comparație cu Sirius de  $2,5^{-2,7} = 13$  ori (strălucirea lui Sirius este de magnitudinea  $-1,6$ ). Din același tabel se constată că întunecata planetă Saturn este totuși mai luminoasă ca toate celelalte stele fixe, în afară de Sirius și Canopus. În asta constă explicația că planetele (Venus, Jupiter) se pot uneori vedea și ziua cu ochiul liber,

În timp ce stelele sînt absolut inaccesibile ochiului liber la lumina zilei.

În continuare arătăm ordinea în care se succed aștrii, în ceea ce privește strălucirea lor, pe cerul lui Venus, Marte și Jupiter, fără alte explicații, deoarece felul în care sînt înșiruite reprezintă expresia cantitativă a celor ce s-au spus deja în subtitlul „Alte bolți cerești” :

#### Pe cerul lui Marte :

Soarele	. . . . .	- 26
Phobos	. . . . .	- 8
Deimos	. . . . .	- 3,7
Venus	. . . . .	- 3,2
Jupiter	. . . . .	- 2,8
Pămîntul	. . . . .	- 2,6
Mercur	. . . . .	- 0,8
Saturn	. . . . .	- 0,6

#### Pe cerul lui Venus :

Soarele	. . . . .	- 27,5
Pămîntul	. . . . .	- 6,6
Mercur	. . . . .	- 2,7
Jupiter	. . . . .	- 2,4
Luna	. . . . .	- 2,4
Saturn	. . . . .	- 0,3

#### Pe cerul lui Jupiter :

Soarele	. . . . .	- 23	al IV-lea Satelit	. . . . .	- 3,3
Primul Satelit	. . . . .	- 7,7	al V-lea „	. . . . .	- 2,8
al II-lea „	. . . . .	- 6,4	Saturn	. . . . .	- 2
al III-lea „	. . . . .	- 5,6	Venus	. . . . .	- 0,3

Apreciind luminozitatea planetelor pe cerul propriilor lor sateliți, trebuie să acordăm primul loc lui Marte în faza lui „plină” pe cerul lui Phobos (—22,5), apoi vine rîndul lui Jupiter în aceeași fază pe cerul celui de al V-lea satelit al său (—21) și al lui Saturn pe cerul satelitului său Mimas (—20) ; aici Saturn are o luminozitate numai de cinci ori mai mică ca a Soarelui !

În sfîrșit, același caracter instructiv îl are și tabelul ce urmează cu strălucirea planetelor văzute una de pe cerul celeilalte. Le-am așezat în ordinea descrescîndă a luminozității :

Venus de pe Mercur	- 7,7	Mercur de pe Venus	- 2,7
Pământul de pe Venus	- 6,6	Pământul de pe Marte	- 2,6
Pământul de pe Mercur	- 5	Jupiter de pe Pământ	- 2,5
Venus de pe Pământ	- 4,3	Jupiter de pe Venus	- 2,4
Venus de pe Marte	- 3,2	Jupiter de pe Mercur	- 2,2
Jupiter de pe Marte	- 2,8	Saturn de pe Jupiter	- 2
Marte de pe Pământ	- 2,8		

Din tabel reiese că, pe bolta cerească a principalelor planete, cei mai luminoși aștri sînt Venus privită de pe Mercur, Pământul văzut de pe Venus și Pământul privit de pe Mercur.

### De ce telescopul nu mărește stelele ?

Cei care privesc pentru întîia oară printr-un telescop stelele fixe sînt foarte surprinși că acesta, măbind considerabil Luna și celelalte planete, nu mărește de loc dimensiunea stelelor, ba dimpotrivă le micșorează chiar, transformîndu-le într-un punct luminos, care nu are formă de disc. Acest lucru l-a observat încă Galilei, primul om care a privit cerul cu o lunetă. Descrîind cercetările sale timpurii cu ajutorul lunetei construite de el însuși, acesta ne spune :

„De remarcat este diferența dintre aspectul planetelor și al stelelor fixe văzute prin lunetă. Planetele apar ca niște discuri mici, bine conturate. Stelele fixe nu au contururi precise... Luneta intensifică doar strălucirea lor în așa fel, încît stelele de mărimea 5 sau mărimea 6 devin egale în strălucire cu Sirius, care este cea mai luminoasă dintre toate stelele fixe.“

Pentru a explica această neputință a telescopului în ceea ce privește stelele va trebui să ne reamintim cîte ceva din fiziologia și fizica vederii. Cînd ne uităm după un om care se îndepărtează, imaginea lui pe retină devine tot mai mică. Cînd figura s-a îndepărtat suficient, capul și picioarele omului se apropie într-atîta pe retină, încît nu mai nimeresc în elementele ei separate (terminațiile nervoase), ci în unul și același, în care timp figura omului ni se pare ca un punct lipsit de contururi. La majoritatea oamenilor, acest lucru se

petrece în clipa când unghiul sub care este privit obiectul se micșorează pînă la 1'. Telescopul are menirea de a mări unghiul sub care ochiul privește un obiect sau, ceea ce reprezintă același lucru, să prelungească imaginea fiecărui detaliu al obiectului respectiv asupra cîtorva elemente adiacente ale retinei. Se spune despre un telescop că „mărește de 100 de ori”, dacă unghiul sub care privim obiectele prin acest telescop este de 100 de ori mai mare ca unghiul sub care le privim de la aceeași distanță cu ochiul liber. Dacă un amănunt oarecare privit printr-un astfel de telescop este văzut sub un unghi mai mic decît 1', telescopul respectiv este prea slab pentru redarea clară a acestui amănunt.

Nu este greu de calculat că cel mai mic detaliu, posibil de remarcat la distanța Lunei printr-un telescop care mărește de 1 000 de ori, are un diametru de 110 m, iar la distanța Soarelui — un diametru de 40 km. Dacă facem același calcul pentru cea mai apropiată stea, obținem uriașa cifră de 12 000 000 km.

Diametrul Soarelui nostru este mai mic decît această cifră de  $8\frac{1}{2}$  ori. Deci, dacă mutăm Soarele nostru la distanța celei mai apropiate stele, el ne va apărea ca un punct chiar într-un telescop cu o putere de mărime de 1 000 de ori. Cea mai apropiată stea trebuie să aibă un volum de 600 ori mai mare decît cel al Soarelui ca să poată fi văzută sub formă de disc printr-un telescop puternic. La depărtarea lui Sirius, o stea trebuie să fie de 5 000 de ori mai mare în volum decît Soarele. Deoarece majoritatea stelelor sînt situate mult mai departe ca cele amintite mai sus și pentru că dimensiunile lor nu depășesc, în medie, în aceeași măsură dimensiunile Soarelui, chiar într-un telescop puternic stelele se văd ca niște puncte.

„Nici o stea de pe cer — ne spune Jeans — nu are o dimensiune unghiulară mai mare ca gămălia unui ac la o distanță de 10 km și nu există încă un asemenea telescop cu ajutorul căruia să poți vedea sub formă de disc un obiect de dimensiuni atît de mici“. Dimpotrivă, corpurile cerești de mari dimensiuni, care fac parte din sistemul nostru solar, apar cu atît mai mari în telescop, cu cît mărimea este mai mare. Dar, așa cum am mai avut prilejul să amintim, în acest caz astronomul întîmpină un alt inconvenient: o dată cu mărirea imaginii intervine dimi-

nuarea strălucirii ei (ca urmare a răspîndirii fascicolului de raze pe o suprafață mai mare), iar luminozitatea slabă împiedică vizibilitatea clară a detaliilor. De aceea, la cercetarea planetelor și îndeosebi a cometelor se folosesc telescoape cu mărire medie.

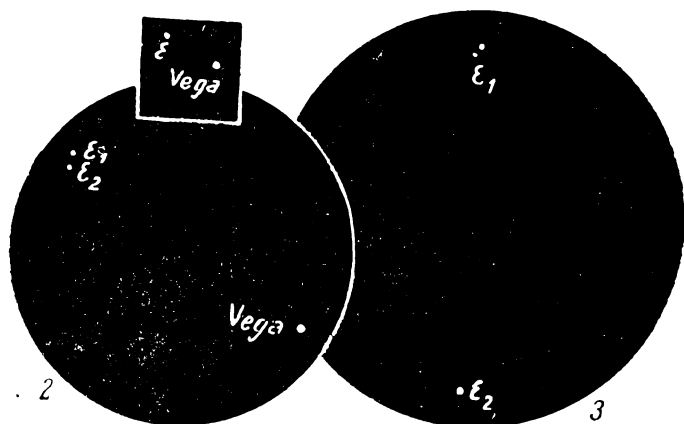


Fig. 73. Una și aceeași stea  $\epsilon$  Lyra (în apropiere de Vega) așa cum o vedem cu ochiul liber (1), cu binoclul (2) și cu telescopul (3).

Cititorul ar putea, eventual, să se întrebe: de ce se folosește totuși telescopul la observarea stelelor, dacă el nu le mărește?

După cele spuse în paragrafele precedente, socotim că nu este nevoie să ne oprim prea mult la acest răspuns. Telescopul nu poate mări *dimensiunile* vizibile ale stelelor, el intensifică totuși *luminozitatea* lor, măbind prin urmare numărul de stele accesibile ochiului.

A doua calitate a telescopului este aceea că el *separă* stelele care, privite cu ochiul liber, par a fi o singură stea. Telescopul nu poate mări diametrul vizibil al stelelor, el poate însă mări distanța vizibilă dintre ele. De aceea, telescopul ne descoperă stele duble, triple sau multiple, acolo unde ochiul liber vede doar o singură stea (fig. 73). Îngrădări de stele, care din cauza distanței apar, pentru ochiul liber, ca o pată mică cețoasă, uneori fiind complet invizi-

bile, se separă în obiectul telescopului în mii și mii de stele distincte.

În sfârșit, al treilea avantaj al telescopului folosit în studiul stelelor constă în aceea că el ne oferă posibilitatea de a *măsura unghiurile* cu o precizie uimitoare. Pe fotografiile obținute de telescoape moderne, astronomii măsoară unghiuri de  $0'',01$ . Sub un astfel de unghi poate fi văzut un bănuț din bronz la o distanță de 300 km sau un fir din părul omului la o distanță de 100 m!

### Cum a fost măsurat diametrul stelelor ?

După cum am spus mai sus, diametrul stelelor fixe nu poate fi văzut nici prin cel mai puternic telescop. Pînă nu de mult, părerile cu privire la dimensiunile stelelor erau doar presupuneri. Era admisă ideea că fiecare stea în medie și cu aproximație este de mărimea Soarelui nostru, dar această ipoteză nu putea fi sprijinită cu nici un argument. Și pentru că determinarea diametrelor stelelor necesita telescoape mai puternice decît cele existente, această problemă părea de nerezolvat.

Așa au stat lucrurile pînă în anul 1920, cînd metode și aparate de cercetare noi au deschis astronomilor calea în vederea măsurii dimensiunilor reale ale stelelor.

Această realizare modernă astronomia o datorează credincioasei sale aliante — fizica — care de multe ori i-a făcut prețioase servicii.

Vom expune, în cele ce urmează, esența metodei bazată pe fenomenul interferenței luminii.

Spre a lămurii principiul pe care se bazează această metodă de măsurare, vom face o experiență care nu ne cere aparate prea complicate: un telescop care mărește de 30 de ori și care să fie așezat la o distanță de 10—12 m de un puternic izvor de lumină, în fața căruia să fie fixat un ecran cu o fantă verticală foarte îngustă (de cîteva zecimi de milimetru). Obiectivul îl vom acoperi cu un capac care are două orificii de circa 3 mm în diametru situate de-a lungul orizontalei, simetric în ceea ce privește centrul obiectivului, la o distanță de 15 mm unul de celălalt (fig. 74).

Fără acest capac fanta se vede prin telescop ca o dungă îngustă, avînd două dungulițe laterale mult mai palide. Privită cu capac, dunga luminoasă centrală pare a fi întretăiată din loc în loc de niște dungii verticale întunecoase. Aceste dungii sînt consecința interferenței celor două fascicule de lumină care trec prin orificiile capacului de pe obiectiv. Dacă astupăm un orificiu — dungile dispar.

Dacă orificiile respective ar fi mobile, în așa fel ca să putem schimba distanța dintre ele pe măsură ce le-am îndepărta unul de celălalt, dungile întunecoase vor deveni din

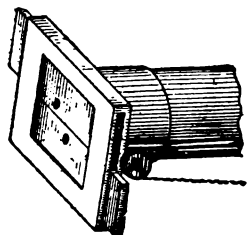


Fig. 74. Schema instalației care explică sistemul de construcție al „interferometrului” cu care se măsoară diametrul unghiular al stelelor. (Explicații în text.)

ce în ce mai neclare, iar, în cele din urmă, vor dispărea. Cunoscînd distanța dintre orificii în această clipă, putem determina lățimea unghiulară a fantei, adică unghiul în care aceasta este văzută prin obiectiv. Cunoscînd distanța pînă la fantă, putem calcula lățimea reală a ei. Dacă în loc de fantă am avea un orificiu rotund și mic, modul de stabilire a lățimii acestei „fante rotunde” (adică a diametrului de cerc) rămîne același, cu singura deosebire că unghiul obținut trebuie înmulțit cu 1,22.

Tot așa se procedează și la măsurarea diametrului stelelor. Ținînd cont, însă, de mărimea unghiulară extrem

de mică a diametrului stelelor, nu putem folosi decît telescoape foarte mari.

Pe lîngă instrumentul descris mai sus — „interferometrul” — mai există și o altă metodă de apreciere a diametrului real al stelelor, pe căi ocolite, bazată pe studiul spectrelor lor.

După spectrul stelei, astronomul află temperatura ei, cu ajutorul căreia calculează radiația unui centimetru pătrat din suprafața acesteia. Dacă, pe lîngă asta, se cunoaște distanța pînă la stea și strălucirea vizibilă a ei, se poate determina radiația totală a întregii suprafețe. Din raportul între cele două mărimi rezultă dimensiunea suprafeței stelei, prin urmare și diametrul ei. Astfel s-a stabilit că diametrul Capellei este de 16 ori mai mare ca cel al Soarelui, al lui



Betelgeus de 350 de ori, al lui Sirius — de două ori, al lui Vega de  $2\frac{1}{2}$  ori, iar diametrul satelitului lui Sirius este 0,02 din cel al Soarelui.

## Giganți ai Universului sideral

Rezultatele determinării diametrelor stelelor s-au dovedit a fi de-a dreptul uimitoare. Pînă atunci astronomii nu bănuiau că pot exista în Univers stele atît de gigantice. Pri-

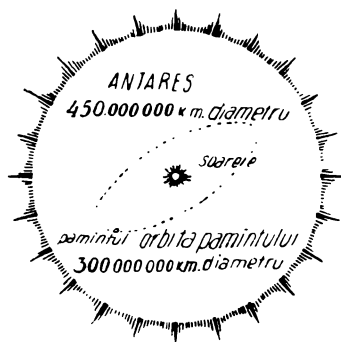


Fig. 75. Steaua-gigant Antares ( $\alpha$  Scorpionul) ar putea cuprinde în ea Soarele nostru împreună cu orbita Pămîntului.

ma stea, ale cărei dimensiuni reale erau determinate (în anul 1920) a fost strălucitoarea stea din constelația Orion, purtătoare a numelui arab Betelgeus. S-a constatat că diametrul ei depășește diametrul orbitei lui Marte! Alt gigant este Antares, steaua cea mai strălucitoare din constelația Scorpionul; diametrul ei este de circa  $1\frac{1}{2}$  ori mai mare ca diametrul orbitei Pămîntului (fig. 75). Din categoria giganților din lumea stelelor face parte și așa-zisa stea Minune („Mira“) din constelația Balenei, al cărei diametru este de 400 de ori mai mare ca cel al Soarelui nostru.

Să ne oprim acum asupra componentei fizice a acestor uriași. Calculele ne demonstrează că, în ciuda dimensiunilor

lor fantastice, aceste stele conțin uimitor de puțină materie. Ele sînt mai grele ca Soarele nostru doar de cîteva ori ; și pentru că Betelgeus, spre exemplu, depășește ca volum Soarele de 40 000 000 ori, densitatea acestei stele trebuie să fie extrem de mică. Dacă materia din care se compune Soarele, din punct de vedere al densității, se apropie de apă, materia componentă a stelelor-giganți în această privință se aseamănă cu aerul rarefiat. Potrivit cu expresia unui astronom, aceste stele „seamănă cu un aerostat uriaș cu densitate mică, mult mai mică decît densitatea aerului“.

### Un calcul surprinzător

Este interesant să analizăm, în legătură cu cele spuse mai sus, cît loc ar ocupa pe cer stelele, dacă imaginile lor vizibile ar sta lipite una de alta.

Știm că strălucirea tuturor stelelor accesibile telescopului, luată laolaltă, este egală cu strălucirea unei stele de mărimea *minus* 6,6 (vezi mai sus). Lumina unei astfel de stele este cu 20 de magnitudini mai slabă ca lumina Soarelui nostru, ceea ce înseamnă că luminează de 100 000 000 de ori mai puțin. Dacă, din punct de vedere al temperaturii sale, am considera Soarele o stea mijlocie, putem presupune că suprafața vizibilă a stelei noastre imaginare este tot de atîtea ori mai mică ca suprafața vizibilă a Soarelui. Cum însă diametrele cercurilor sînt proporționale cu rădăcina pătrată a suprafeței lor, diametrul vizibil al stelei noastre ar trebui să fie de 10 000 de ori mai mic decît diametrul vizibil al Soarelui, adică să fie egal cu

$$30' : 10\,000 \approx 0'',2.$$

Rezultatul este surprinzător : suprafața totală vizibilă a tuturor stelelor ocupă pe cer un loc egal cu acela pe care l-ar ocupa un cerc al cărui diametru unghiular este de  $0'',2$ . Bolta cerească include 41 253 grade pătrate ; prin urmare este ușor de calculat că stelele ce pot fi văzute prin telescop dețin abia a douăzecea miliarda parte din întreaga suprafață a bolții cerești !

Printre exemplarele rare cufundate în adâncimile Universului va deține întotdeauna un loc de frunte o steluță, din apropierea lui Sirius. Această stea se compune dintr-o materie de 60 000 de ori mai grea ca apa ! Când luăm în mână un pahar cu mercur ne surprinde greutatea lui ; el cântărește circa 3 kg. Ce am spune însă despre un pahar umplut cu o materie care cântărește 12 tone, iar pentru transportul ei necesită o platformă de cale ferată ? Pare absurd ; și totuși, aceasta este una dintre cele mai recente descoperiri ale astronomilor.

Descoperirea despre care vorbim are o poveste lungă și extrem de instructivă. De multă vreme s-a observat că strălucitorul Sirius nu se mișcă printre stele în linie dreaptă, ca majoritatea astrilor cerești, ci pe un drum curios undulat (fig. 76). Spre a justifica această particularitate, cunoscutul astronom Bessel a presupus că Sirius este însoțit de un satelit care „perturbă” prin atracția sa mișcarea lui Sirius. Aceasta se petrecea în anul 1844 — cu doi ani înainte de descoperirea pe „vîrfurile unei penițe” a planetei Neptun. În anul 1862, după moartea lui Bessel, presupunerea sa a fost pe deplin confirmată, dat fiind că bănuitul satelit al lui Sirius a fost văzut în telescop.

Satelitul lui Sirius — așa-numitul „Sirius B” — se rotește în jurul stelei, lui centrale în timp de 49 de ani, la o distanță de 20 de ori mai mare decât cea pe care se mișcă Pământul în jurul Soarelui (adică, aproximativ, pe o distanță egală cu orbita lui Uranus) (fig. 77). Această steluță este de mărimea opt sau nouă, în schimb masa ei este respectabilă, constituind 0,8 din masa Soarelui nostru. De la distanța lui Sirius, Soarele nostru ar trebui să lumineze ca o stea de mărimea 1,8 ; de aceea, dacă satelitul lui Sirius ar avea suprafața micșorată în raport cu cea a Soarelui în proporție

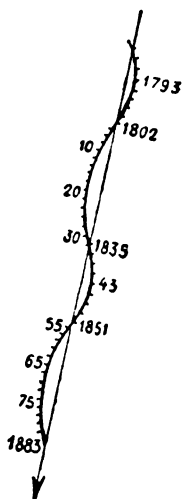


Fig. 76. Drumul lui Sirius printre stele din 1793 pînă în 1883.

cu raportul maselor acestor aștri, ar trebui să lumineze cu aproximație, la aceeași temperatură, ca o stea de mărimea a doua și nicidecum ca o stea de mărimea opt sau nouă. Luminozitatea slabă a acestei stele a fost atribuită inițial, de către astronomi, temperaturii joase de pe suprafața ei; ea era considerată ca un astru în răcire care capătă o scoarță.

Această ipoteză s-a dovedit a fi neîntemeiată. Cu circa

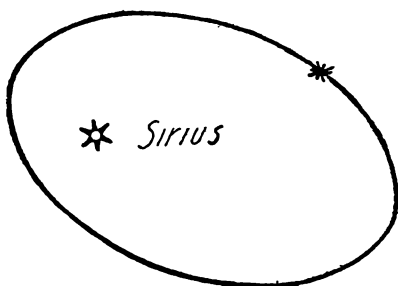


Fig. 77. Orbita satelitului lui Sirius în raport cu acesta. (Sirius nu se află în focarul elipsei vizibile, deoarece elipsa reală este deformată prin proiecție; noi o vedem într-un unghi oarecare.)

30 de ani în urmă s-a stabilit că modestul satelit al lui Sirius nu este cîtuși de puțin o stea în răcire, ci, dimpotrivă, face parte dintre stelele cu o înaltă temperatură la suprafață, mult mai înaltă decît cea a Soarelui nostru. Această constatare schimbă fața lucrurilor. Deci, luminozitatea redusă trebuie atribuită numai suprafeței mici a acestei stele. S-a calculat că ea radiază de 360 ori mai puțină lumină ca Soarele; prin urmare suprafața ei

trebuie să fie de cel puțin  $\frac{360}{1}$  de ori mai mică decît suprafața Soarelui, iar raza de  $\sqrt{360}$ , adică de 19 ori mai mică decît raza Soarelui. De aici deducem că volumul satelitului lui Sirius trebuie să fie mai mic decît a 6 800-a parte din volumul Soarelui, în timp ce masa lui constituie aproape 0,8 din masa astrului nostru ceresc. Numai aceste cifre demonstrează enorma densitate a materiei din care este alcătuită steaua respectivă. Un calcul mai precis arată că diametrul satelitului este de numai 40 000 km; prin urmare densitatea reprezintă cifra fantastică pe care am citat-o la începutul capitoului: de 60 000 de ori mai mare decît densitatea apei (fig. 78).

„Fizicieni, ciuliți urechile; se pune la cale o incursiune în domeniul vostru“ — sînt cuvintele lui Kepler, spuse de el în legătură cu altceva, dar care ne vin totuși în minte

acum. Într-adevăr, nici un fizician nu și-ar fi putut imagina, pînă în prezent, ceva asemănător. În condiții normale este absolut de neconceput un grad de densitate atît de mare, deoarece intervalele dintre atomii obișnuiți ai unui corp tare sînt prea mici, pentru a putea admite o cît de neînsemnată

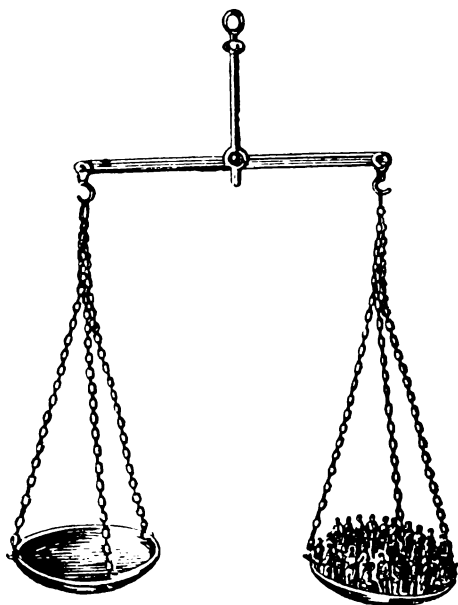


Fig. 78. Satelitul lui Sirius este compus dintr-o substanță de 60.000 de ori mai grea ca apa. Cîtiva  $\text{cm}^3$  din această substanță ar putea echivala cu greutatea a 30 de oameni.

comprimare a materiei lor. Altfel stau lucrurile cînd este vorba despre atomi „mutilați”, care și-au pierdut electronii ce se roteau în jurul nucleelor lor. Pierderea electronilor micșorează diametrul atomului de cîteva mii de ori, fără a reduce aproape de loc masa lui; un nucleu este mai mic decît un atom normal aproximativ în aceeași măsură ca și o muscă în raport cu o clădire mare. Puse în mișcare de o presiune fantastică, provenită din interiorul stelei, acești

atomi-nuclee de proporții reduse se pot comasa de mii de ori mai mult ca atomii obișnuiți și să formeze acea densitate nemaiauzită, descoperită la satelitul lui Sirius. Ceva mai mult, densitatea mai susamintită a fost chiar depășită de steaua care poartă numele de steaua lui Van Maanen. Această stea de mărimea 12, care prin dimensiunile ei nu depășește globul pământesc, se compune dintr-o materie de 400 000 ori mai densă ca apa !

Limita densității nu se oprește aici. Din punct de vedere teoretic se poate admite existența unei materii cu o densitate mult mai mare. Diametrul nucleului atomic reprezintă maximum a 10 000-a parte din diametrul atomului și prin urmare volumul său nu poate depăși  $\frac{1}{12}$  din volumul atomului. Un metru cub de metal conține în total doar  $\frac{1}{1\,000}$  mm<sup>3</sup> de nuclee atomice și în acest volum infim este concentrată întreaga masă a satelitului. În concluzie, 1 cm<sup>3</sup> de nuclee atomice trebuie să cântărească aproximativ 10 milioane de tone (fig. 79).

Avînd în vedere cele de mai sus nu va mai apare nevro-similă descoperirea unei stele a cărei materie să aibă densitatea medie de 500 de ori mai mare ca densitatea stelei Sirius B, despre care am vorbit mai sus. Ne referim la o stea, nu prea mare, din constelația Cassiopeei, descoperită în anul 1935. Avînd un volum ce nu depășește volumul planetei Marte, fiind de opt ori mai mică decît globul pământesc, această stea are o masă de aproape trei ori mai mare ca masa Soarelui (mai exact de 2,8 ori mai mare). În unități obișnuite, densitatea medie a materiei din care se compune această stea se exprimă prin cifra 36 000 000 g/cm<sup>3</sup>. Asta înseamnă că 1 cm<sup>3</sup> din această materie ar cântări pe Pămînt 36 tone ! Prin urmare materia respectivă este mai densă ca aurul de două milioane de ori <sup>1</sup>. Despre cît cântărește un centimetru cub dintr-o astfel de materie, cântărit chiar pe suprafața stelei însăși, vom mai vorbi în capitolul V.

---

<sup>1</sup> În centrul acestei stele densitatea materiei trebuie să atingă o cifră uriașă : aproximativ un miliard de grame pe un centimetru cub (n. a.).

Cu câțiva ani în urmă, desigur, savanții nu concepeau existența unei materii a cărei densitate să fie de milioane de ori mai mare ca a platinei.

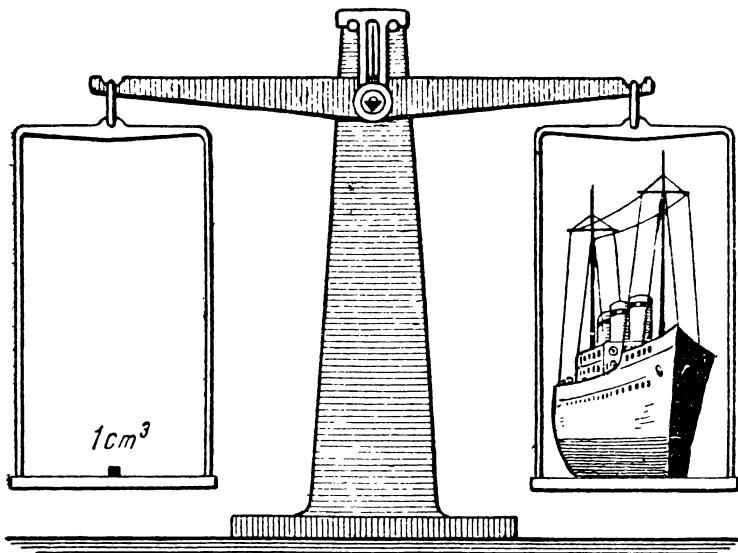


Fig. 79. Un  $\text{cm}^3$  de nucleee atomice ar putea echivala cu greutatea unui transoceanic. Dacă într-un  $\text{cm}^3$  nucleeele atomice ar fi bine comprimate, ele ar cîntări 10 milioane tone !

Adîncimile fără sfîrșit ale Universului tăinuiesc cu siguranță încă multe rarități de acest fel ale naturii.

### De ce se spune despre stele că sînt fixe ?

În antichitate, cînd s-a atribuit stelelor acest epitet, s-a urmărit să se sublinieze că, spre deosebire de planete, stelele își mențin pe bolta cerească o poziție fixă. Bineînțeles că ele participă la mișcarea bolții cerești în jurul Pămîntului în cele 24 de ore, totuși această mișcare aparentă nu schimbă cu nimic *reciprocitatea* poziției lor pe cer. Planetele, însă, își schimbă mereu locul în raport cu stelele, rătăcesc printre

ele, pentru care motiv au fost denumite, din cele mai străvechi timpuri, „stele rătăcitoare“ (adevăratul sens al cuvîntului „planetă“).

Știm acum că ipoteza care presupune că Universul stelelor reprezintă o grupare de sori imobili este cu totul denaturată. Toate stelele<sup>1</sup>, printre care și Soarele nostru, se mișcă una

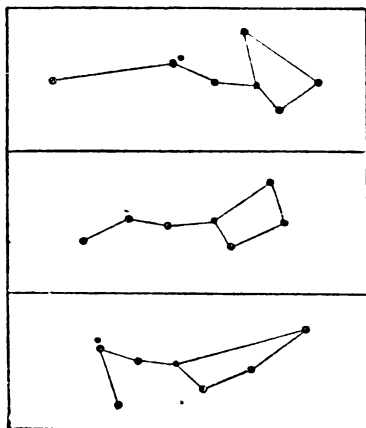


Fig. 80. Figurile constelațiilor se schimbă în decursul vremii. Figura din mijloc reprezintă „Ursa mare“, așa cum arată în prezent. Cea de sus — „Ursa mare“ acum 100 000 de ani, și cea de jos, așa cum va arăta peste 100 000 de ani.

față de cealaltă cu o viteză medie de 30 km/sec, adică cu aceeași viteză cu care planeta noastră gonește de-a lungul orbitei sale. Deci, stelele nu sînt mai puțin mobile decît planetele. Dimpotrivă, în unele cazuri întîlnim în lumea stelelor viteze uriașe, inexistente în sistemul planetar; sînt cunoscute stele — așa-zise „rapide“ — care se mișcă față de Soarele nostru cu uriașa viteză de 250—300 km/sec.

Dar, dacă toate stelele văzute de noi se mișcă haotic cu o viteză fantastică, parcurgînd anual miliarde de kilometri,

<sup>1</sup> Ne referim la stelele care fac parte din grupul nostru de stele (Calea Laptelui) (n. a.).



de ce oare nu observăm noi acest iureș turbat? De ce pe bolta cerească, din cele mai străvechi timpuri, stelele reprezintă un tablou de cea mai perfectă mobilitate?

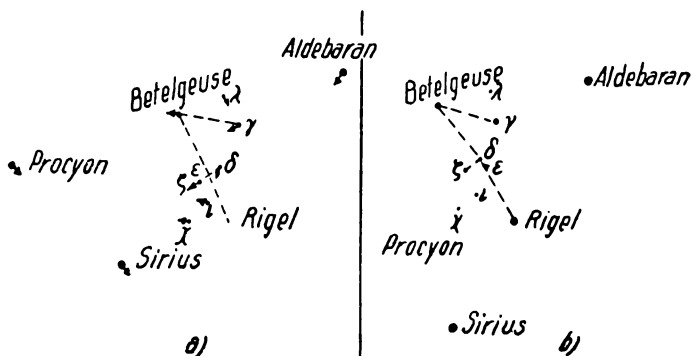


Fig. 81. Direcția în care se mișcă stelele cu o mare strălucire din regiunea constelației Orion (a) și ce schimbări vor aduce în aspectul acestei constelații mișcările lor peste 50 000 de ani (b).

Cauza nu este greu de ghicit; ea constă în distanța uriașă care ne desparte de stele. Ați avut ocazia să priviți de pe o înălțime mersul unui tren în depărtare, aproape de orizont? Nu ați avut impresia că un expres se târăște ca o broască țestoasă? O viteză amețitoare pentru cel ce privește de aproape se transformă în pas de melc pentru cineva de la o mare distanță. Același lucru se petrece cu mișcarea stelelor; numai că, în acest caz, distanța relativă a observatorului față de corpul în mișcare este mult mai mare. Stelele cele mai strălucitoare se află, față de noi, la o distanță *medie* mai mică decât alte stele — mai exact (după Kapteyn) la 800 milioane de milioane de kilometri, în timp ce deplasarea unei astfel de stele constituie, să zicem, un miliard (1 000 de milioane) kilometri, adică de 800 000 ori mai puțin. Această deplasare trebuie să fie văzută de pe Pământ sub un

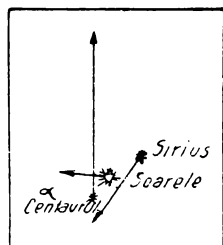


Fig. 82. Mișcarea a trei stele vecine: Soarele nostru, steaua  $\alpha$  Centaurul și Sirius.

unghi de  $0'',25$  — valoare care abia poate fi observată de cele mai precise instrumente astronomice. Ochiul liber însă nu o poate observa de loc, chiar dacă ea durează sute de ani. Numai cu ajutorul unor instrumente astronomice de înaltă precizie s-a putut reuși să se observe mișcarea unor stele (fig. 80, 81, 82).

Iată că „stelele fixe”, deși se mișcă cu o viteză neînchipuit de mare, au totuși dreptul să poarte denumirea de fixe,

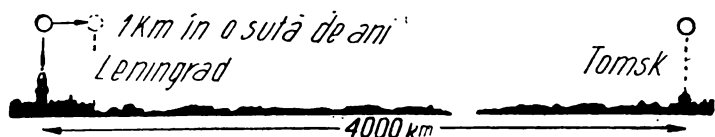


Fig. 83. Scara de proporție pentru mișcările siderale. Două mingi de criket, una la Leningrad și alta la Tomsk, se mișcă cu o viteză de 1 km în 100 de ani — iată o comparație, în mic, a apropierii reciproce dintre două stele. De aici rezultă cât de neverosimilă apare posibilitatea ciocnirii între stele.

dat fiind că este vorba de observațiile făcute cu ochiul liber. Din cele spuse, cititorul poate trage singur concluzia cât de puțin probabilă este posibilitatea în crucișării drumurilor a două stele, cu toată viteza lor fenomenală.

## Unități de măsură în distanțe cerești

Unitățile de lungime mari, folosite de noi — kilometrul, mila marină (1 852 m) și mila geografică (egală cu 4 mile marine) — satisfăcătoare pentru măsurarea lungimilor pe globul pământesc — devin insuficiente la măsurarea distanțelor cerești. A măsură cu aceste unități de lungime distanțele cerești este tot atât de incomod ca și cum am măsură în milimetri traseul unei căi ferate. De pildă, distanța dintre Jupiter și Soare exprimată în kilometri atinge cifra de 780 de milioane, în timp ce lungimea căii ferate ce poartă numele Revoluției din Octombrie, exprimată în milimetri, este de 640 de milioane.

Pentru a nu se încurca cu multe zero-uri la sfârșitul unei cifre, astronomii au adoptat unități de lungime mult mai

mari. Pentru a face, de exemplu, calcule de distanță în cadrul sistemului planetar, consideră drept unitate de lungime distanța medie dintre Pământ și Soare (149 500 000 km). Aceasta reprezintă așa-numita „unitate astronomică”. Distanța dintre Jupiter și Soare exprimată în aceste unități este 5,2, dintre Saturn și Soare — 9,54, dintre Mercur și Soare — 0,387 etc.

Pentru distanța dintre Soarele nostru și alți aștri, unitatea de lungime mai sus-amintită este prea mică. Astfel distanța pînă la cea mai apropiată stea (așa-numita Proxima din constelația Centaurului <sup>1</sup>, o stea de culoare roșiatică de mărimea 11) este exprimată în aceleași unități de măsură prin cifra :

260 000

Este vorba de steaua *cea mai apropiată* ; celelalte sînt situate la distanțe mult mai mari. Introducerea unor unități de lungime mult mai mari au simplificat considerabil memorarea acestor cifre și calculul lor. În astronomie există următoarele unități gigantice de măsurare a distanței : „an-lumină” și uriașul „parsec”.

*Anul lumină* reprezintă distanța pe care o parcurge în spațiu lumina într-un interval de an. Ne putem da seama cît de uriașă este această unitate de măsură dacă ne reamintim că de la Soare la Pământ lumina ajunge numai în 8 minute. Prin urmare, un „an-lumină” este mai mare decît raza orbitei Pământului de cîte ori este mai mare un an în raport cu 8 minute. Această unitate de lungime exprimată în kilometri atinge cifra :

9 460 000 000 000,

ceea ce înseamnă că anul-lumină este egal cu aproape 9,5 trilioane km.

Mai complicată este o altă unitate de măsură în distanțele siderale, la care astronomii recurg mai bucuros și care se numește *parsec*. Parsecul este distanța de la care semidiametrul orbitei Pământului poate fi văzut sub un unghi de o secundă de arc. Unghiul sub care semidiametrul orbitei Pământului poate fi văzut de pe o stea se numește în astronomie „paralaxa anuală” a acestei stele. Din combinarea cu-

---

<sup>1</sup> Aproape alături se află steaua luminoasă  $\alpha$  Centaurul (n. a.).

vintelor parallaxă și secundă s-a născut cuvîntul „parsec”. Parallaxa stelei sus-amintite, Alfa Centaurului, este de 0,75 secunde ; se deduce ușor că distanța la care se găsește această stea este de 1,31 parseci. Nu este greu, de asemenea, de calculat că un parsec trebuie să includă de 206 265 ori distanța dintre Pămînt și Soare. Corelația dintre parsec și alte unități de lungime este următoarea :

1 parsec = 3,26 ani lumină = 30 800 000 000 000 km.

Iată distanța cîtorva stele exprimată în parseci și ani lumină :

	<i>Parseci</i>	<i>Ani-lumină</i>
Alfa Centaurul	1,31	4,3
Sirius	2,67	8,7
Procyon	3,39	11,0
Altair	4,67	15,2

Stelele citate mai sus se află la o distanță relativ mică față de noi. Ne dăm seama de această „relativitate” dacă ne reamintim că, pentru a exprima distanțele respective în kilometri, trebuie să înmulțim fiecare cifră din coloana întîi de 30 de bilioane ori (considerînd bilionul egal cu un milion de milioane). Cu toate acestea, parsecul și anul lumină nu sînt singurele unități mari de lungime uzitate în cadrul științei despre stele. Cînd astronomii au purces la măsurarea distanțelor și a dimensiunilor sistemelor stelare, adică a unor universuri întregi compuse din multe milioane de stele, s-a impus găsirea unei unități de lungime și mai mari. Ea a fost întocmită din parseci, așa cum un kilometru este compus din metri ; a apărut „kiloparsecul” egal cu 1 000 de parseci, sau cu 30 800 trilioane de kilometri. Folosind această unitate de lungime, diametrul Căii Laptelui, spre exemplu, este egal cu cifra 30, iar distanța care ne desparte de nebuloasa din constelația Andromedei — circa 300.

Curînd, însă, și kiloparsecul s-a dovedit a fi o unitate de măsură insuficientă, introducîndu-se în uz „megaparsecul”, care are *un milion* de parseci.

Prin urmare, iată tabelul unităților de măsură siderale :

1 megaparsec	=	1 000 000 parseci
1 kiloparsec	=	1 000 “
1 parsec	=	206 265 unități astronomice
1 unit. astron.	=	149 500 000 km.

Nu există nici o posibilitate de a ne imagina, în mod demonstrativ, distanța unui megaparsec. Dacă am reduce kilometrul la grosimea unui fir de păr (0,05 mm) și încă megaparsecul va depăși orice putere de imaginație omenească, deoarece și în acest caz el ar fi egal cu  $1\frac{1}{2}$  miliarde de kilometri — de 10 ori distanța dintre Pământ și Soare.

Am să relatez, totuși, o comparație, care poate ar ajuta pe cititor să-și facă o idee despre mărimea uriașă de neconceput a unui megaparsec. Un fir foarte subțire de păianjen întins pe distanța dintre Leningrad și Moscova ar cântări 10 g ; același fir întins de la Pământ la Lună ar cântări cel mult 6 kg ; de la Pământ la Soare — 2,3 tone. Firul de păianjen întins pe distanța unui megaparsec ar trebui să cântărească

500 000 000 000 tone !

### Sistemul din care fac parte cele mai apropiate stele

E mult de atunci — circa o sută de ani în urmă — de când s-a aflat că cel mai apropiat sistem solar îl constituie steaua dublă de mărimea a doua din constelația sudică a Centaurului. Ultimii ani au îmbogățit cunoștințele noastre despre acest sistem cu amănunte interesante. A fost descoperită, în apropierea stelei  $\alpha$  Centaurul o stelută de mărimea 11, care formează, împreună cu celelalte două stele ale stelei  $\alpha$  Centaurul, un sistem de trei stele. Apartenența, din punct de vedere fizic, a celei de-a treia stelute la sistemul lui  $\alpha$  Centaurul, deși pe cer le desparte o distanță de peste  $2^\circ$ , este confirmată de caracterul identic al mișcării lor : cele trei stele se îndreaptă cu aceeași viteză în aceeași direcție. Cel mai mare interes îl prezintă faptul că cea de a treia stelută din acest sistem este situată în spațiu mai aproape decât celelalte două și de aceea trebuie considerată drept cea mai apropiată stea dintre toate celelalte, a căror distanță a fost determinată pînă în prezent. De altfel steluta susamintită poartă chiar numele de „Apropiata“, în limba latină „Proxima“. Ea este mai aproape de noi decât stelele Alfei Centaurul (ele se numesc Alfa Centaurul A și Alfa

Centaurul B), cu 3 960 de unități astronomice. Iată paralaxele lor :

Alfa Centaurului (A și B) . . . . .	0,751
Proxima Centaurului . . . . .	0,762

Deoarece stelele A și B se găsesc, una de cealaltă, la o distanță de numai 34 unități astronomice, întregul sistem prezintă un aspect destul de curios (vezi fig. 84). Distanța care desparte pe A de B este cu puțin mai mare ca distanța dintre Uranus și Soare. Proxima, însă, se găsește la o distanță de ele egală cu 59 „zile lumină”. Aceste stele își schimbă încet poziția : perioada de revoluție a stelelor A și B în jurul centrului de atracție comun este de 79 ani. Proxima, însă, efectuează aceeași mișcare de revoluție într-un răstimp de peste 100 000 de ani, așa că nu există nici un motiv să credem că ea va înceta curînd de a mai fi steaua cea mai apropiată, cedînd locul uneia dintre cele două stele ale lui  $\alpha$  Centaurului.



*Proxima*

Fig. 84. Cel mai apropiat sistem stelar față de Soarele nostru -  $\alpha$  Centaurul: A, B și Proxima Centaurul.

Ce cunoaștem din particularitățile fizice ale stelelor din acest sistem ? Alfa Centaurul A, după strălucire, masă și diametru, este puțin mai mare ca Soarele (fig. 85). Alfa Centaurul B are o masă ceva mai mică decît a Soarelui, este mai mare în diametru ca acesta de 1/5 ori, luminează însă de trei ori mai slab ; corespunzător, temperatura de la suprafața ei este mai mică decît cea a Soarelui ( $4\,400^{\circ}$ , în timp ce a Soarelui este de  $6\,000^{\circ}$ ).

Proxima este și mai rece ; temperatura de pe suprafața ei este de  $3\,000^{\circ}$  ; această stea are culoare roșie. Diametrul ei este de 14 ori mai mic ca diametrul Soarelui, așa că din punct de vedere al dimensiunilor este mai mică decît Jupiter sau Saturn (îi întrece, însă, ca masă, de sute de ori). Dacă ne-am transporta pe  $\alpha$  Centaurul A, am vedea de acolo steaua B de aproape aceeași mărime pe care o are Soarele nostru pe cerul lui

Uranus. Proxima, însă, s-ar vedea și de aici ca o stea mică și palidă ; distanța la care se află este de 250 ori mai mare decât cea dintre Pluton și Soare și de 1 000 de ori mai mare decât a lui Saturn.

După steaua triplă  $\alpha$  Centaurul următoarea vecină apropiată a Soarelui nostru este o mică stea (de magnitudine 9,7) din constelația Șarpelui, denumită „Steaua Proiectil“. Această titlatură i-a fost atribuită pentru viteza mare cu care se mișcă, viteză accesibilă observațiilor noastre. Această stea este de  $1\frac{1}{2}$  ori mai departe de noi decât sistemul  $\alpha$  Centaurul, dar în emisfera nordică a bolții cerești ea este vecina noastră cea mai apropiată. Zborul ei, în poziție oblică, față de mișcarea Soarelui, este atât de impetuos, încât în mai puțin de 10 000 de ani ea se va apropia de noi la o distanță de două ori mai mică, și atunci va fi mai aproape ca steaua triplă  $\alpha$  Centaurul.

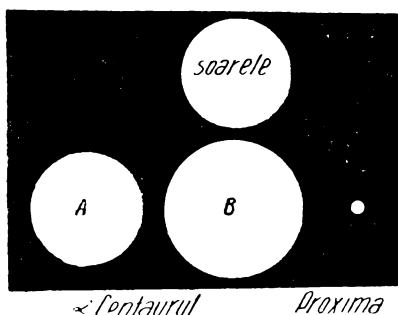


Fig. 85. Dimensiunile stelelor din sistemul  $\alpha$  Centaurul în comparație cu dimensiunile Soarelui nostru.

## Proporțiile Universului

Să ne întoarcem la modelul nostru miniatural al sistemului solar, pe care l-am construit cu gândul, conform indicațiilor din capitolul despre planete, și să încercăm să-l completăm cu Universul stelelor. Care va fi rezultatul ?

Vă amintiți că în modelul nostru locul Soarelui îl deținea o sferă cu un diametru de 10 cm, iar întreg sistemul planetar reprezenta un cerc cu un diametru de 800 de metri. La ce distanță de Soare ar trebui să fixăm stelele, dacă respectăm cu strictețe aceeași scară de proporții ? Nu este greu de calculat că, spre exemplu, Proxima Centaurul — cea mai apropiată stea de Soare — s-ar afla la o distanță de 2 700 km,

Sirius — la 5 500 km, Altair — la 9 700 km. Acestor stele așa-zise „apropiate“, în modelul nostru nu le-ar ajunge întreaga suprafață a Europei. Pentru stelele mai îndepărtate vom lua o altă unitate de măsură, mai mare, și anume 1 000 km, denumită „megamtru“ (Mm). Perimetrul Pământului are în total 40 din aceste unități, iar distanța dintre Pământ și Lună are 380 de megametri. În modelul nostru, Vega s-ar afla la o distanță de 17 Mm, Arcturus — la 23 Mm, Capella — la 28 Mm, Regulus — la 53 Mm, Deneb (Alfa Lebedei) — la o distanță de peste 350 Mm.

Să descifrăm ultima cifră, 350 Mm = 350 000 km, adică o distanță ceva mai mică decît distanța pînă la Lună. După cum vedeți modelul *redus*, în care Pământul are dimensiunea unei gămălii de ac, iar Soarele — a unei mingi de crichet, capătă el însuși dimensiuni cosmice !

Modelul nostru este încă incomplet. Stelele periferice și mai îndepărtate din Calea Laptelui ar trebui să fie situate în acest model la o distanță de 30 000 Mm — aproape de 100 de ori mai departe ca Luna. În plus Calea Laptelui nu reprezintă întregul Univers. Mult mai departe, dincolo de marginile ei, sînt situate alte sisteme stelare, de pildă acela care se poate vedea chiar cu ochiul liber în constelația Andromedei sau cele numite Norii lui Magellan, de asemeni accesibile ochiului liber. În modelul nostru ar trebui să arătăm Norul Mic al lui Magellan sub forma unui obiect cu un diametru de 4 000 Mm, Norul Mare al lui Magellan — de 5 500 Mm, ambele la o distanță de 70 000 Mm de modelul Căii Laptelui. Modelul nebuloasei Andromedei ar trebui să aibă un diametru de 60 000 Mm, și să se afle la o depărtare de 500 000 Mm de modelul Căii Laptelui, mai bine zis, la o distanță aproape egală cu depărtarea reală a lui Jupiter !

Obiectele cerești cele mai îndepărtate care intră în studiul astronomiei moderne sînt nebuloasele spirale, adică îngrămădiri de stele, situate mult în afara limitelor Căii Laptelui. Distanța dintre ele și Soare depășește 1 000 000 ani lumină. Propunem cititorului nostru să calculeze singur distanțele respective pentru modelul nostru. În același timp, cititorul va căpăta noțiuni cu privire la dimensiunile acelei părți din Univers care este accesibilă instrumentelor optice ale astronomiei moderne.





## CAPITOLUL V

### FORȚA GRAVITAȚIEI

Unde ar cădea un proiectil lansat vertical dintr-un tun situat la Ecuator (fig. 86)? Această problemă a fost analizată într-o revistă acum douăzeci de ani, în legătură cu un proiectil imaginar lansat inițial cu o viteză de 8 000 m pe secundă; acest proiectil trebuia să atingă, după 70 de minute, o înălțime de 6 400 km (raza Pământului). Iată ce scria revista :

„Un proiectil lansat vertical în sus, la Ecuator, în clipa în care pornește din țeava de tun mai posedă și viteza de rotație a punctelor de pe Ecuator în direcția est (465 m/sec). Proiectilul se va deplasa cu această viteză paralel cu Ecuatorul. Punctul de la înălțimea de 6 400 km care, în momentul lansării proiectilului, se află vertical deasupra punctului de lansare, se va deplasa pe *cercul de rază dublă cu o viteză dublă*. Prin urmare, acest punct o ia înaintea proiectilului în direcția est. Când proiectilul va atinge punctul culminant al traiectoriei lui, el nu se va afla vertical deasupra punctului de plecare, ci va rămîne în urmă spre vest. Același lucru se va petrece și la căderea proiectilului. În consecință, după 70 de minute, timp în care proiectilul va urca și va cădea înapoi pe pământ, el se va deplasa cu aproximativ 4 000 km spre vest. Acolo trebuie așteptată căderea lui. Pentru a obține ca proiectilul să se întoarcă în același punct

de unde a fost lansat, trebuie să nu-i dăm o direcție verticală, ci puțin oblică, în cazul nostru cu o înclinație de  $5^{\circ}$ .

C. Flammarion, în cartea sa „Astronomia“, rezolvă aceeași problemă într-un mod cu totul diferit :

„Dacă tragem cu tunul, întorcându-i țeava vertical în direcția zenitului, ghiuleaua va cădea înapoi în țeava tunu-

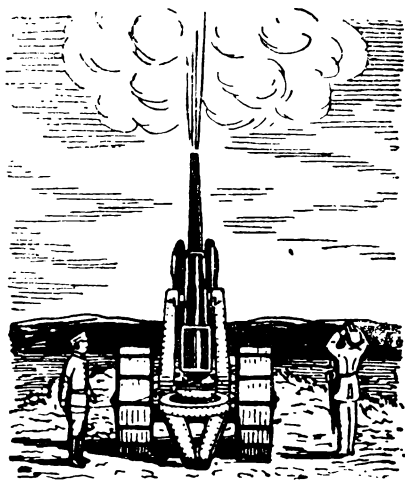


Fig. 86. Problemă despre o ghiulea de tun lansată vertical în sus.

lui, cu toate că, în răstimpul zborului și căderii ei, tunul se va deplasa împreună cu Pământul spre est. Cauza e limpede. Ghiuleaua zburînd în sus nu pierde nimic din viteza transmisă ei de mișcarea Pământului. Cele două impulsuri pe care le primește nu sînt contrarii ; ea poate să urce un kilometru în sus și să parcurgă în același timp, de exemplu, 6 km spre est. Mișcarea sa în spațiu se va efectua pe diagonala paralelogramului ale cărui laturi sînt — prima de 1 km, iar a doua de 6 km. În jos, din cauza greutății, va cădea pe o altă diagonală (mai bine-zis pe o curbă, deoarece căderea este accelerată) și va cădea din nou în țeava de tun, care rămîne în aceeași poziție verticală.“

„O astfel de experiență ar fi totuși dificilă — adaugă Flammarion — pentru că rar găsești un tun bine calibrat și este foarte greu să-l așezi în poziție absolut verticală. Mersenne și Petit au încercat să facă acest lucru, dar în cele din urmă nici nu au găsit ghiuleaua pe care au lansat-o. Varignon a înfățișat pe coperta lucrării sale „Noi teorii despre forța gravitației“ (anul 1690) un desen referitor la cele spuse mai sus (îl redăm la începutul capitolului). El reprezintă doi oameni — un călugăr și un militar, care stau lângă un tun îndreptat cu țeava spre zenit și privesc în sus, urmărind parcă ghiuleaua trasă din tun. Pe gravură stă scris (în limba franceză): „Va cădea înapoi?“ Călugărul este Mersenne, iar militarul — Petit. Ei au făcut de câteva ori această experiență periculoasă, dar pentru că nu au ochit, atît de bine, încît ghiuleaua să nimerească direct în capul lor, au ajuns la concluzia că ea a rămas pentru totdeauna suspendată în aer. Varignon se minunează de acest lucru cu următoarele cuvinte: „O ghiulea, care să stea suspendată deasupra capetelor noastre! Într-adevăr este un lucru uimitor!“ La Strassburg, cînd s-a repetat această experiență, ghiuleaua s-a găsit la cîteva sute de metri de tun. Desigur că tunul nu fusese așezat în poziție absolut verticală.“

Iată, deci, două soluții date în aceeași problemă care, după cum vedem, sînt în contradicție. Unul dintre autori afirmă că ghiuleaua va cădea departe spre vest de la locul lansării ei, iar celălalt susține că va cădea neapărat în țeava de tun. Cine are dreptate?

Respectînd cu strictețe adevărul, trebuie să spunem că niciuna dintre cele două soluții nu este justă. Totuși cea a lui Flammarion este mult mai aproape de realitate. Ghiuleaua trebuie să cadă ceva mai spre vest de locul unde se află tunul, dar nu așa departe cum afirmă primul autor, și nici în țeava de tun, cum era convins cel de al doilea autor.

Din păcate problema nu poate fi rezolvată prin intermediul matematicii elementare<sup>1</sup>. De aceea mă voi mărgini să arăt aici rezultatul final.

---

<sup>1</sup> În acest scop este necesar un calcul special și amănunțit, pe care l-au făcut specialiștii la cererea mea. Nu pot să mă lansez aici în detaliile acestui calcul (n. a.).

Dacă viteza inițială a ghiulelei o vom numi „v“, viteza unghiulară de rotație a globului pămîntesc o vom însemna cu  $\omega$  (omega), iar accelerația forței gravitației cu litera g, vom obține pentru distanța „x“ dintre punctul de cădere al ghiulelei spre vest și locul unde se află tunul următoarea expresie :

la Ecuator

$$x = \frac{4}{3} \omega \frac{v^3}{g^2}$$

iar la latitudinea  $\varphi$

$$x = \frac{4}{3} \omega \frac{v^3}{g^2} \cos \varphi$$

Aplicînd formula la problema ridicată de primul autor, avem :

$$\omega = \frac{2\pi}{86\,164}$$

$$v = 8\,000 \text{ m/sec}$$

$$g = 9,8 \text{ m/sec}^2$$

Substituind în prima formulă aceste valori, rezultă că  $x=520$  km ; ghiuleaua va cădea la 520 km spre vest de locul unde se află tunul (nu însă la 4 000 km, așa cum a presupus primul autor).

Dar care este rezultatul formulei în cazul analizat de Flammarion ? Ghiuleaua nu a fost trasă cu tunul la Ecuator, ci lîngă Paris, la paralela  $48^\circ$ . Viteza inițială a ghiulelei, trasă cu un tun de tip foarte vechi, o vom considera 300 m/sec. Să introducem în formula a doua valorile :

$$\omega = \frac{2\pi}{86\,164}$$

$$v = 300 \text{ m/sec}$$

$$g = 9,8 \text{ m/sec}^2$$

$$\varphi = 48^\circ,$$

obținem pe  $x = 18$  ; ghiuleaua va cădea la 18 m de tun (nicidecum chiar în țeava tunului, cum presupunea astronomul francez). Desigur în calculele de mai sus noi nu am ținut seama de eventualele deviații ce s-ar putea produce sub acțiunea curenților de aer, care pot schimba în mare măsură acest rezultat.

În calculele relatate în articolul precedent s-a socotit valabilă o circumstanță asupra căreia nu am atras pînă în prezent atenția cititorului. Este vorba de faptul că, pe măsură ce ne îndepărtăm de Pămînt, forța gravitației descrește. Greutatea nu este altceva decît manifestarea gravitației universale, iar forța de atracție reciprocă dintre două corpuri descrește cu repeziciune pe măsură ce orește distanța dintre ele. Potrivit legii lui Newton forța de atracție descrește proporțional cu *pătratul* distanței; distanța trebuie calculată din centrul Pămîntului, deoarece acesta atrage spre el toate corpurile de așa manieră, de parcă întreaga lui masă ar fi concentrată în centrul său. De aceea la o altitudine de 6 400 km, adică la o distanță de două raze ale Pămîntului de la centrul acestuia, forța de atracție este de patru ori mai mică în comparație cu forța de atracție de la suprafața globului pămîntesc.

Această circumstanță are ca rezultat, în ceea ce privește lansarea unui proiectil de artilerie, faptul că proiectilul se ridică la o înălțime mai mare decît în cazul cînd greutatea nu ar scădea o dată cu creșterea înălțimii. Am presupus că un proiectil lansat vertical în sus cu o viteză de 8 000 m/sec. se ridică la o înălțime de 6 400 km. Dacă am calcula, însă, înălțimea la care se ridică acest proiectil după binecunoscuta formulă, care nu ia în considerare scăderea greutății în funcție de altitudine, înălțimea respectivă va fi de două ori mai mică. Să facem acest calcul. În manualele de fizică și mecanică se dă pentru calculul înălțimii „h” pe care o atinge un corp aruncat vertical în sus cu viteza v, avînd neschimbată accelerația forței gravitației „g” următoarea formulă:

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

Dacă  $v = 8\,000$  m/sec,  $g = 9,8$  m/sec<sup>2</sup> obținem

$$h = \frac{8\,000^2}{2 \cdot 9,8} = 3\,265\,000 \text{ m} = 3\,265 \text{ km.}$$

Aceasta este o înălțime de două ori mai mică decît cea indicată în capitolul precedent. Diferența se justifică, așa

cum am mai spus, prin aceea că, uzînd de formulele din manual, nu am ținut cont de diminuarea forței gravitației în funcție de înălțime. Este limpede că proiectilul, atunci cînd este atras mai puțin de Pămînt, avînd aceeași viteză, se va ridica mai sus.

Să nu ne grăbim a trage concluzia că formulele date în manualele pentru calculul înălțimii pe care o atinge un corp aruncat în sus nu ar fi juste. Ele sînt valabile în acel cadru pentru care sînt predestinate și devin injuste cînd calculele depășesc cadrul respectiv. De fapt, aceste formule sînt indicate pentru înălțimi mici, la care reducerea forței de atracție este atît de neînsemnată, încît nu se ia în considerație. Astfel, pentru un proiectil lansat în sus cu o viteză inițială de 300 m/sec, forța de atracție se reduce într-o măsură extrem de mică.

Ne aflăm, totuși, în fața unei interesante probleme : se face simțită, oare, descreșterea forței gravitației la înălțimile atinse de aviația modernă și navigația aeriană ? Se remarcă la aceste înălțimi reducerea greutății corpurilor ? În anul 1936 aviatorul Vladimir Kokkinaki a ridicat cu avionul său diferite încărcături la mari înălțimi :  $\frac{1}{2}$  tonă la înălțimea de 11 458 m, o tonă — la 12 100 m și două tone la 11 295 m. Se pune întrebarea dacă aceste greutăți rămîneau aceleași la înălțimile record amintite mai sus, sau pierdeau o parte considerabilă din greutatea inițială. Din primul moment s-ar părea că, ridicînd încărcături la o înălțime de peste zece kilometri deasupra scoarței Pămîntului, față de mărimea acestei planete reducerea greutății lor ar trece aproape neobservată. Găsindu-se pe suprafața Pămîntului, încărcătura ar fi la o distanță de 6 400 km de centrul planetei noastre ; ridicarea ei la o înălțime de 12 km ar majora această distanță pînă la 6 412 km, ceea ce ar constitui în aparență un adaos prea neînsemnat ca să se observe o reducere de greutate. Totuși, calculele ne dovedesc că pierderea greutății este destul de simțitoare.

Să facem un singur calcul : de pildă în cazul cînd Kokkinaki a ridicat 2 000 kg la o înălțime de 11 295 m. La această înălțime avionul se afla mai departe de centrul Pămîntului decît la decolare de  $\frac{6411,3}{6400}$  ori.

Forța de atracție se reduce aici de :

$$\left(\frac{6411,3}{6400}\right)^2, \text{ adică de } \left(1 + \frac{11,3}{6400}\right)^2 \text{ ori.}$$

Prin urmare, încărcătura ridicată la înălțimea respectivă trebuie să cântărească

$$2000 : \left(1 + \frac{11,3}{6400}\right)^2 \text{ kg.}$$

Dacă am efectua acest calcul (în care scop este oportun să uzăm de metoda calculului prin aproximație<sup>1)</sup>) am vedea că o încărcătură de 2 000 kg la o înălțime record ar cântări numai 1 993 kg ; ar deveni mai ușoară cu 7 kg — o pierdere în greutate destul de simțitoare. O greutate de un kg ar cântări la aceeași înălțime numai 996,5 g ; 3,5 g s-ar pierde.

Trebuie că au încercat o pierdere și mai mare în greutate navigatorii noștri în stratosferă, care au atins înălțimea de 22 km ; acolo fiecare kg scade cu 7 g.

În cazul zborului record al aviatorului Iumașev, care în 1936 a ridicat cu avionul, la o înălțime de 8 919 m, 5 000 kg, putem stabili prin calcul că încărcătura respectivă a suferit o pierdere totală de 14 kg.

Tot în anul 1936 aviatorul M. I. Alexeev a ridicat o tonă la o înălțime de 12 695 m, aviatorul M. Niuhtikov a ridicat 10 tone la o înălțime de 7 032 m etc. Aplicînd cele relatate de noi mai sus, cititorul va putea calcula cu ușurință pierderea de greutate în aceste cazuri.

## Cu compasul de-a lungul căilor planetare

Am putea spune că dintre cele trei legi cu privire la mișcarea planetelor, legi smulse naturii cu eforturi uriașe de către geniul lui Kepler, cea mai grea de înțeles pentru mulți este prima lege. Aceasta afirmă că planetele se mișcă pe o

<sup>1</sup> Ne putem folosi de egalități aproximative :

$$(1 + \alpha)^2 = 1 + 2\alpha \text{ și } 1 : (1 + \alpha) = 1 - \alpha,$$

în care  $\alpha$  reprezintă o valoare extrem de mică. De aceea

$$2000 : \left(1 + \frac{11,3}{6400}\right)^2 = 2000 : \left(1 + \frac{11,3}{3200}\right) = 2000 - \frac{11,3}{1,6} = 2000 - 7.$$

elipsă. De ce tocmai pe o elipsă? S-ar părea că, dat fiind că Soarele exercită în toate direcțiile aceeași forță de atracție care descrește egal pe măsură ce se mărește distanța, toate planetele ar trebui să se învîrtească în jurul Soarelui pe un cerc și nicidecum pe o elipsă turtită, în care Soarele nu deține măcar punctul central. Nedumeriri de acest gen se pot lămurii perfect, dacă analizăm problema pe cale matematică. Din păcate noțiunile de matematică superioară, necesare în acest domeniu, sînt cunoscute de prea puțini adepți ai întin-

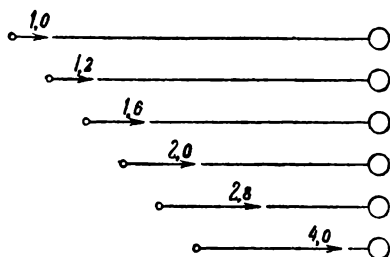


Fig. 87. Forța de atracție exercitată de Soare asupra unei planete crește în funcție de micșorarea distanței.

derilor astrale. Ne vom strădui, totuși, să facem inteligibilă exactitatea legilor lui Kepler pentru acei cititori care nu dispun decît de arsenalul matematicii elementare.

Înarmîndu-ne cu un compas, o riglă și o coală mare de hîrtie, vom începe să schițăm căile planetare și să ne convingem astfel, din punct de vedere grafic, că le vom obține așa cum trebuie să fie ele conform legilor lui Kepler.

Mișcarea planetelor este dirijată de forța gravitației. Să ne oprim asupra acestui lucru. Cercul din dreapta (fig. 87) reprezintă un Soare; în stînga lui — o planetă imaginară. Să admitem că distanța între ele este de 1 000 000 km; pe desen distanța are 5 cm — cu o scară de 200 000 km : 1 cm.

Săgeata de 0,5 cm lungime reprezintă forța de atracție pe care o exercită Soarele asupra planetei noastre (fig. 87). Să zicem că sub influența acestei forțe de atracție planeta s-a apropiat de soare și se găsește acum numai la o distanță de 900 000 km de el, adică de 4,5 cm pe desenul nostru. Po-



trivită legii gravitației atracția planetei de către Soare se va intensifica de  $\left(\frac{10}{9}\right)^2$ , adică de 1,2 ori. Dacă pînă acum atracția era redată printr-o săgeată egală cu o unitate, acum trebuie să socotim săgeata de 1,2 unități. Cînd distanța se va micșora pînă la 800 000 km, adică pînă la 4 cm, pe desenul nostru forța de atracție va crește de  $\left(\frac{5}{4}\right)^2$ , adică de 1,6 ori și va fi redată printr-o săgeată de 1,6 unități. Dacă planeta va continua să se apropie de Soare la distanțe de 700, 600, 500 de mii km, forța de atracție va fi exprimată corespunzător prin săgeți de 2, 2,8 și 4 unități de lungime.

Ne putem imagina că aceleași săgeți, pe lîngă forțele de atracție, mai reprezintă și deplasarea în spațiu pe care o efectuează corpul sub influența acestor forțe într-o unitate de timp (în cazul de față deplasările sînt proporționale cu accelerațiile, prin urmare și cu forțele respective). În schemele noastre ulterioare vom folosi acest desen drept scară de proporție pentru deplasarea planetelor.

Să facem acum graficul drumului parcurs de o planetă ce se rotește în jurul Soarelui. Să admitem că la un moment dat o planetă, a cărei masă este egală cu aceea pe care o analizăm, mișcîndu-se în direcția WK cu o viteză de 2 unități de lungime, ajunge în punctul K, la o distanță de 800 000 km de Soare (fig. 88). La această distanță forța de atracție a Soarelui va acționa asupra planetei cu atîta putere, încît o va sili ca într-o unitate de timp să se deplaseze în direcția Soarelui cu 1,6 unități de lungime; în același interval de timp planeta se va deplasa în direcția inițială WK cu două unități de lungime. În consecință ea se va de-

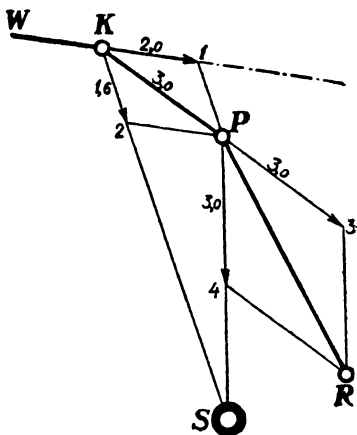


Fig. 88. Modul în care Soarele S deviază direcția de mișcare a planetei WKPR.

plasa pe diagonala KP a paralelogramului construit pe deplasările K1 și K2 ; această diagonală este egală cu 3 unități de lungime (fig. 88).

Aflându-se în punctul P, planeta tinde să se miște în continuare în direcția KP cu o viteză de 3 unități. În același timp, sub influența forței de atracție a Soarelui exercitată

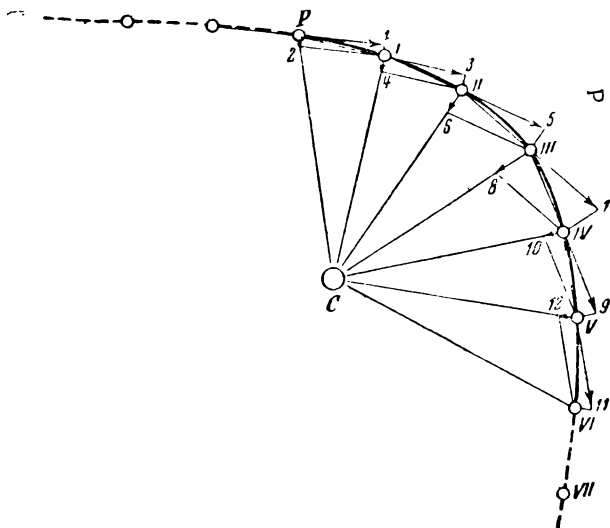


Fig. 89. Soarele deviază planeta P din drumul ei inițial rectiliniu, silind-o să descrie o linie curbă.

pe distanța  $SP = 5,8$ , ea va trebui să parcurgă în direcția SP distanța  $P4 = 3$ . Prin urmare ea va parcurge diagonala PR a respectivului paralelogram.

Nu vom continua schema noastră ; scara de proporție ar deveni prea mare. Se înțelege de la sine că cu cât este mai mică scara de proporție, cu atât mai mare va fi porțiunea cuprinsă în desenul nostru din drumul parcurs de planetă, în timp ce asemănarea dintre schema noastră și drumul real al planetei nu va fi deformată de ascuțimea unghiurilor. În fig. 89 redăm același tablou într-o scară de proporție mult mai mică pentru cazul când Soarele ar întâlni un corp ceresc oarecare, asemănător, ca masă, cu planeta amintită

de noi mai sus. Aici vedem clar felul în care Soarele deviază această planetă-venetică din drumul ei inițial și o silește să se deplaseze pe curba P — I-II-III-IV-V-VI. Unghiurile drumului parcurs de planetă, redată în acest desen, nu sînt atît de ascuțite și nu este greu să unim printr-o linie curbă diferitele poziții ale planetei.

Dar ce fel de linie curbă este aceasta? Geometria ne va ajuta să obținem acest răspuns. Suprapuneți pe desen (fig. 89) o foită de hîrtie subțire și copiați pe ea șase puncte luate la întîmplare din drumul parcurs de planetă. Numerotați aceste șase puncte în ordinea în care doriți (fig. 90) și uniți-le în aceeași ordine cu linii drepte între ele. Veți obține o figură hexagonală înscrisă în circuitul parcurs de planetă, ale cărei laturi se întretaie pe alocuri. Prelungați acum dreapta 1—2 pînă la intersecția cu linia 4—5 în punctul I. Tot astfel veți obține punctul II la intersecția dreptelor 2—3 și 5—6, apoi punctul III — la intersecția 3—4 și 1—6. Dacă curba cercetată de noi constituie una din așa-zisele „secțiuni conice“, adică elipsă, parabolă sau hiperbolă, în acest caz cele trei puncte, I, II și III, trebuie să se găsească pe o linie dreaptă.

Aceasta este teorema geometrică (nu face parte din programa analitică a școlilor medii), care poartă denumirea de „hexagonul lui Pascal“.

Într-o schiță executată cu atenție, punctele de intersecție susamintite se vor găsi mereu pe aceeași dreaptă. Aceasta dovedește că linia curbă reprezintă fie o elipsă, fie o parabolă sau o hiperbolă. Pentru figura 89, prima ipoteză nu corespunde (linie curbă deschisă), deci în acest caz planeta s-a mișcat pe o parabolă sau o hiperbolă. Raportul dintre viteza inițială și forța de atracție nu are alt rezultat decît acela că Soarele deviază planeta din drumul ei drept, dar n-o poate sili să se rotească în jurul lui, nu reușește să o „prindă“, așa cum spun astronomii, în circuitul său.

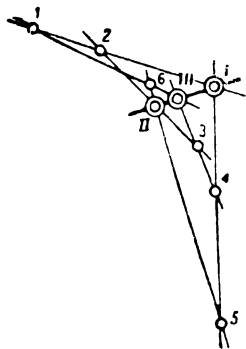


Fig. 90. Dovada geometrică că planetele se mișcă în jurul Soarelui pe secțiuni conice (amănunte în text).

Să încercăm să elucidăm prin aceeași metodă cea de a doua lege a mișcării planetelor — așa-numita lege a suprafețelor. Cercetați cu atenție figura 21 (pag. 53). Douăsprezece puncte care marchează figura respectivă o împart în 12 sectoare ; ca lungime ele nu sînt egale ; știm însă că planeta le parcurge în intervale de timp egale. Unind punctele 1—2—3 ș.a.m.d. cu Soarele obțineți 12 figuri pe care le puteți considera cu aproximație triunghiuri, dacă uniți punctele cu cîte o coardă. Măsurînd baza și înălțimea lor, veți putea calcula suprafața lor. Vă veți convinge că toate triunghiurile au suprafețe egale. Cu alte cuvinte, ajungeți la cea de-a doua lege a lui Kepler :

*Razele-vectoare ale orbitelor planetelor descriu în intervale de timp egale suprafețe egale.*

Prin urmare, compasul ne ajută pînă la un anumit punct să pătrundem sensul primelor două legi privitoare la mișcarea planetelor. Pentru a ne edifica asupra celei de a treia legi, vom schimba compasul cu penița și vom face cîteva exerciții aritmetice.

## Căderea planetelor pe Soare

V-ați gîndit, oare, vreodată, ce s-ar întîmpla dacă Pămîntul nostru ar întîlni, la un moment dat, un obstacol și s-ar opri din goana lui în jurul Soarelui ? Firește, în primul rînd acea rezervă uriașă de energie, pe care o posedă planeta noastră ca un corp în mișcare, se va transforma în căldură și va încinge globul pămîntesc. Pămîntul gonește pe orbita sa cu o viteză de zeci de ori mai mare decît viteza glontelui și nu este greu de calculat că transformarea energiei cu care se mișcă el în căldură ar da naștere la o temperatură fantastică care ar transforma într-o clipită globul nostru într-un nor uriaș de gaze incandescente...

În ipoteza că Pămîntul ar scăpa de această soartă într-o eventuală oprire a lui, el ar fi, totuși, condamnat să piară în flăcări ; ademenit de forța de atracție a Soarelui, Pămîntul ar porni spre el cu o viteză crescîndă și ar pieri în îmbrățișarea de foc a acestuia.

Această cădere catastrofală ar începe încet, cu o viteză de melc ; în prima secundă Pămîntul s-ar apropia de Soare

numai cu 3 mm. Cu fiecare secundă însă viteza lui ar crește progresiv, atingînd în ultima instanță 600 km/sec. Cu această viteză neînchipuită globul pămîntesc s-ar prăbuși pe suprafața încinsă a Soarelui.

Este interesant de făcut calculul cît ar dura acest zbor fatal și dacă s-ar prelungi mult agonia nefericitei noastre lumi! La efectuarea acestui calcul ne ajută cea de-a treia lege a lui Kepler, care nu se referă numai la mișcarea planetelor, ci și a cometelor și a tuturor corpurilor cerești în general, care se mișcă în spațiul cosmic sub influența acțiunii forței centrale a gravitației. Această lege face legătura între timpul necesar mișcării de revoluție a planetei („anul“ ei) și distanța care o separă de Soare, fiind exprimată astfel :

Pătratele perioadelor de revoluție ale planetelor sînt proporționale cu cuburile semiaxelor mari ale orbitelor lor.

În cazul nostru putem asemui globul pămîntesc, zburînd în direcția Soarelui, cu o cometă imaginară care se mișcă pe o elipsă extrem de turtită, ale cărei extremități sînt situate — una pe orbita Pămîntului, cealaltă — în centrul Soarelui. Se vede că semiaxa mare a orbitei unei astfel de comete este de două ori mai mică decît semiaxa mare a orbitei Pămîntului. Să calculăm care ar fi perioada de rotație a acestei comete imaginare.

Să întocmim o proporție pe baza celei de-a treia legi a lui Kepler :

$$\frac{(\text{perioadă rotație Pămînt})^2}{(\text{perioadă rotație cometă})^2} = \frac{(\text{semiaxa mare a orbitei Pămîntului})^3}{(\text{semiaxa mare a orbitei cometei})^3}$$

Perioada de rotație a Pămîntului este egală cu 365 zile : să luăm drept unitate semiaxa mare a orbitei lui și în acest caz semiaxa mare a orbitei cometei s-ar exprima prin fracția 0,5. Proporția noastră se exprimă acum astfel :

$$\frac{365^2}{(\text{perioada rotației cometei})^2} = \frac{1}{0,5^3}$$

$$(\text{perioada de rotație a cometei})^2 = 365^2 \times \frac{1}{8}$$

Prin urmare,

$$\text{perioada de rotație a cometei} = 365 \times \frac{1}{\sqrt[3]{8}} = \frac{365}{\sqrt[3]{8}}$$

Pe noi nu ne interesează, la drept vorbind, întreaga perioadă de rotație a acestei comete imaginare, ci numai jumătate din perioadă, adică durata zborului pînă la un capăt — de la orbita Pămîntului pînă pe Soare care ne interesează. Să-l calculăm :

$$\frac{365}{\sqrt[3]{8}} : 2 = \frac{365}{2\sqrt[3]{8}} = \frac{365}{\sqrt[3]{32}} = \frac{365}{5,65}$$

Deci pentru a afla în cît timp ar cădea Pămîntul pe Soare este nevoie să împărțim durata anului la  $\sqrt[3]{32}$ , adică la 5,65. Rezultatul rotund s-ar cifra la 65 zile.

Prin urmare, am calculat că Pămîntul, oprit dintr-o dată din mișcarea sa pe orbită, ar trece într-o mișcare de cădere pe Soare, care ar dura timp de peste două luni.

Nu este greu de constatat că formula simplă, obținută mai sus pe baza legii a treia a lui Kepler, nu se aplică numai Pămîntului, ci și fiecărei planete și chiar fiecărui satelit. Cu alte cuvinte, pentru ca să aflăm în cît timp o planetă sau un satelit ar cădea pe astrul său central, trebuie să împărțim perioada lui de rotație la  $\sqrt[3]{32}$ , adică la 5,65.

Din acest motiv, de pildă Mercur, care este cea mai apropiată planetă de Soare, efectuînd înconjurul acestuia în 88 de zile, ar cădea pe Soare în  $15\frac{1}{2}$  zile. Durata de cădere pe Soare a lui Neptun, al cărui an este egal cu 165 de ani pămînteni, ar fi de 29 de ani, iar a lui Pluton — de 44 ani.

În ce perioadă de timp ar cădea oare Luna pe Pămînt, dacă s-ar opri brusc din mișcarea ei ? Împărțim perioada de rotație a Lunei în jurul Pămîntului — 27,3 zile — la 5,6 ; rezultatul va fi aproape egal cu 5 zile. Dar nu numai Luna, ci în genere orice corp care s-ar afla la aceeași distanță de noi ca și Luna ar cădea pe Pămînt în timp de 5 zile, cu condiția să nu i se imprime o viteză inițială, iar căderea lui să se producă exclusiv sub influența acțiunii de atracție a Pămîntului (în vederea simplificării nu mai ținem cont de forța de atracție a Soarelui). Folosind aceeași formulă, nu este greu să verificăm durata zborului pe Lună, indicată în romanul lui Jules Verne „De la Pămînt la Lună“.

Vom folosi regula mai sus stabilită pentru a rezolva o interesantă problemă din mitologie. Străvechea legendă a lui Vulcan din mitologia romană ne spune, printre altele, că acest zeu a aruncat la un moment dat din cer nicovala sa. Timpul de cădere al nicovalei, pînă a atinge Pămîntul, a durat 9 zile. După părerea celor din antichitate, acest interval de timp corespundea închipuirii lor cu privire la uriaşa înălţime la care sălăşluiau zeii; era un lucru ştiut doar că aceeaşi nicovală aruncată de pe vîrfurile piramidei lui Keops ar fi ajuns la Pămînt în cinci secunde!

Făcînd un simplu calcul, ajungem la concluzia că universul grecilor antici era destul de strîmt, ţinînd cont, fireşte, de punctul de reper enunţat în legenda mitologică sus-amintită.

Am aflat că timpul de cădere a Lunei pe Pămînt ar fi de 5 zile, în timp ce nicovala din mitologie a căzut 9 zile în şir. Prin urmare „cerul” de pe care s-a prăbuşit nicovala se găseşte mai departe de orbita Lunei. Cu mult mai departe însă? Dacă înmulţim 9 zile cu  $\sqrt{32}$ , aflăm intervalul de timp în care nicovala ar face înconjurul globului pămîntesc, dacă ar fi un satelit al planetei noastre:  $9 \times 5,6 = 51$  de zile. În continuare, să aplicăm Lunei şi satelitului nostru imaginar — nicovala — cea de a treia lege a lui Kepler.

Să întocmim proporţia

$$\frac{(\text{perioada de rotaţie a Lunei})^2}{(\text{perioada de rotaţie a nicovalei})^2} = \frac{(\text{distanţa Lunei})^3}{(\text{distanţa nicovalei})^3}.$$

Substituind noţiunile cu cifre, obţinem

$$\frac{27,3^2}{51^2} = \frac{380\,000^3}{(\text{distanţa nicovalei})^3}$$

Din proporţia de mai sus nu este greu de găsit distanţa dintre nicovală şi Pămînt:

$$\text{distanţa nicovalei} = \sqrt[3]{\frac{51^2 \cdot 380\,000^3}{27,3^2}} = 380\,000 \sqrt[3]{\frac{52^2}{27,3^2}}$$

Calculul ne dă următorul rezultat: 580 000 km.

Iată deci, cît de infimă ar părea pentru un astronom contemporan distanţa pînă la cerul grecilor din antichitate:

o dată și jumătate distanța pînă la Lună. Universul celor din antichitate s-ar sfîrși cu aproximație acolo unde, după concepțiile noastre, el abia începe.

## Hotarele sistemului solar

Legea a treia a lui Kepler mai oferă și posibilitatea de a calcula cît de departe trebuie extinse hotarele sistemului nostru solar, dacă am considera drept puncte terminus ale lui extremitățile cele mai îndepărtate ale orbitelor cometelor. Am mai vorbit despre acest lucru într-un capitol anterior ; ne mai rămîne să facem doar calculul. Am amintit în capitolul III despre comete, care au o lungă perioadă de rotație — 776 de ani. Să calculăm distanța „X“ pînă la afeliul unei astfel de comete, cunoscînd că distanța minimă dintre ea și Soare (periheliu) este de 1 800 000 km.

Luînd Pămîntul drept factor de comparație, vom întocmi următoarea proporție :

$$\frac{776^2}{1^2} = \frac{\left[ \frac{1}{2} (x + 1\,800\,000) \right]^3}{150\,000\,000^3}$$

De aci

$$x + 1\,800\,000 = 2. \quad 150\,000\,000^3 \cdot \sqrt[3]{776^2}.$$

Prin urmare

$$x = 25\,318\,000\,000 \text{ km.}$$

În concluzie, cometele respective trebuie să se distanțeze de Soare de 182 de ori mai mult ca Pămîntul și de 4 1/2 ori mai mult ca Pluton — ultima dintre plantele cunoscute nouă.

## Eroarea din romanul lui Jules Verne

Născocita cometă „Gallia“, pe care Jules Verne a plasat acțiunea romanului său „Hector Servadac“, face înconjurul Soarelui într-un interval de timp egal cu doi ani. Un alt indiciu amintit în roman se referă la distanța la care se



află afeliul acestei comete : la 820 milioane km de Soare. Cu toate că în roman nu se indică distanța periheliului, după cele două date de mai sus sîntem deja îndreptățiți să afirmăm că în sistemul nostru solar nu poate exista o cometă asemănătoare. Ne putem convinge de aceasta făcînd calculul conform formulei celei de a treia legi a lui Kepler.

Însemnăm cu „x” milioane km distanța necunoscută de noi a aeriheliului. În acest caz axa mare a orbitei cometei va fi egală cu  $x + 820$  milioane km, iar semiaxa mare egală cu  $\frac{x + 820}{2}$  milioane km. Întocmind proporția dintre perioada de rotație și distanța cometei față de perioada de rotație și distanța Pămîntului, după legea lui Kepler, obținem următoarele :

$$\frac{2^2}{1^2} = \frac{(x + 820)^3}{2^3 \cdot 150^3}$$

de unde

$$x = - 343$$

Numărul negativ, reprezentînd distanța minimă a cometei față de Soare indică inadvertența datelor inițiale ale problemei. Cu alte cuvinte, o cometă al cărei timp de rotație în jurul Soarelui este atît de scurt — 2 ani — nu se poate distanța atît de departe de Soare, după cum se spune în romanul lui Jules Verne.

## Cum a fost cîntărit Pămîntul

Circulă o anecdotă despre un naiv care se mira grozav de un singur lucru : — cum de astronomii au reușit să afle denumirea stelelor ? Vorbind serios, mai surprinzător ne apare faptul că astronomii au reușit să cîntărească atît Pămîntul pe care trăim, cît și îndepărtații aștri cerești. Într-adevăr, oare prin ce mijloace au făcut ei aceasta, ce fel de cîntar poate fi acela pe care s-a cîntărit Pămîntul și întreg cerul ?

Să începem cu cîntărirea Pămîntului. În primul rînd să stabilim ce trebuie înțeles sub expresia „greutatea globului pămîntesc”. Considerăm greutatea unui corp presiunea pe

care o exercită acesta asupra punctului său de sprijin sau forța cu care atîrnă el de punctul său de suspensie. Dar nici una și nici cealaltă nu se pot aplica la globul pămîntesc : Pămîntul nu se sprijină pe nimic și nu atîrnă de ceva. Prin urmare, judecînd în acest sens, Pămîntul nu are greutate. În acest caz, ce au stabilit savanții „cîntărind“ Pămîntul ?

Ei au determinat *masa* lui. În realitate, cînd cerem într-o prăvălie să ni se cîntărească

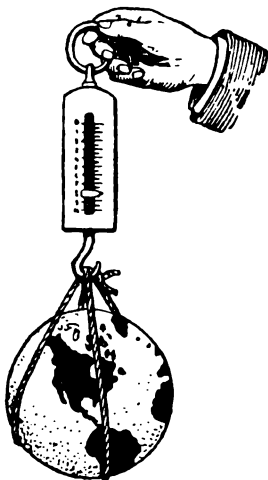


Fig. 91. Cu ce cîntar ar putea fi cîntărit Pămîntul.

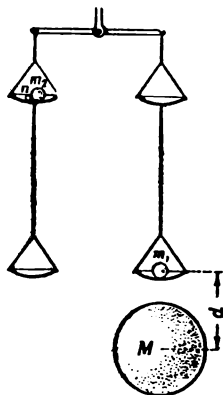


Fig. 92. Un mijloc de a determina masa Pămîntului; balanța Jolly.

1 kg de zahăr, nu ne interesează cîtuiși de puțin greutatea cu care acest zahăr apasă pe punctul său de sprijin sau forța cu care atîrnă de punctul său de suspensie. În privința zahărului ne interesează altceva : ne preocupă doar cîte pahare de ceai se pot bea cu zahărul respectiv ; cu alte cuvinte, ne interesează să știm cantitatea de materie pe care o conține.

Pentru stabilirea cantității de materie există o singură metodă : să aflăm forța cu care este atras corpul de Pămînt. Considerăm că la mase egale corespund unități egale de materie, iar masa unui corp o apreciem numai după forța de atracție a lui, deoarece forța de atracție este proporțională cu masa.

Vorbind despre greutatea Pământului putem spune că „greutatea” lui poate fi determinată în momentul cînd ne este cunoscută *masa lui* ; astfel, problema determinării greutății Pământului trebuie socotită o problemă de calcul a masei acestuia.

Vom descrie una dintre metodele de rezolvare a acestei probleme (metoda Jolly 1871). În figura 92 aveți o balanță foarte sensibilă, care la fiecare capăt al barei sale are cîte două talere ușoare : talerul de sus și talerul de jos. Distanța între talerul de sus și cel de jos este de 20—25 cm. Pe talerul de jos din dreapta punem o greutate sferică a cărei masă este egală cu  $m_1$ . Pentru a păstra echilibrul vom pune pe talerul de sus din stînga o greutate egală cu  $m_2$ . Aceste greutăți nu sînt egale, deoarece nu se găsesc la aceeași înălțime ; forța cu care sînt atrase ele de Pămînt diferă. Dacă sub talerul de jos din dreapta vom atîrna o sferă de plumb cu masa  $M$ , echilibrul balanței va fi perturbat, dat fiind că  $m_1$  va fi atras de masa sferei de plumb  $M$  cu forța  $F_1$ , proporțională cu produsul acestor mase și invers proporțională cu pătratul distanței  $d$ , dintre centrele lor :

$$F = k \frac{m_1 M}{d^2}$$

unde  $k$  reprezintă constanta gravitațională.

Pentru a restabili echilibrul, vom pune pe talerul de sus din stînga o greutate mică cu masa  $n$ . Forța cu care apasă pe talerul balanței este egală cu greutatea lui, adică este egală cu forța de atracție pe care o exercită întreaga masă a Pămîntului asupra acestei greutăți. Această forță pe care o însemnăm cu  $F'$ , este egală cu

$$F' = k \frac{nMt}{R^2}$$

unde  $Mt$  este masa Pămîntului și  $R$  — raza lui.

Neținînd cont de influența pe care o exercită prezența sferei de plumb asupra greutăților din talerul de sus din stînga balanței, putem formula condiția de echilibru în felul următor :

$$F = F' \text{ sau } \frac{m_1 M}{d^2} = \frac{nMt}{R^2}$$

În acest raport, toate mărimile, în afară de  $M_t$  — masa Pământului — pot fi măsurate. De aici determinăm pe  $M_t$ . În experiențele despre care s-a vorbit

$$M = 5775,2 \text{ kg}, \quad R = 6366 \text{ km}, \quad d = 56,86 \text{ cm} \\ m_1 = 5,00 \text{ kg} \text{ și } n = 589 \text{ mg}.$$

În concluzie, reiese că masa Pământului este egală cu  $6,15 \times 10^{27} \text{ g}$ .

În prezent, determinarea prin mijloace moderne a masei Pământului, bazată pe efectuarea unui întreg șir de măsurători, arată că  $M_t = 5,974 \times 10^{27} \text{ g}$ . O eventuală eroare în acest calcul nu poate depăși 0,1 %.

În acest fel au stabilit astronomii masa globului pământesc. Avem tot dreptul să spunem că ei au *cîntărit* Pământul, pentru că, de fiecare dată cînd cîntărim cu balanța un corp, în realitate nu stabilim nioi greutatea lui și nici forța cu care îl atrage Pământul, ci *masa* lui: stabilim numai că *masa* corpului respectiv este egală cu masa greutăților cîntarului.

### Din ce se compune miezul Pământului ?

Este momentul să remarcăm o greșeală care se întîlnește deseori în unele articole și în literatura populară. Vrînd să simplifice expunerea, autorii respectivi prezintă problema determinării greutății Pământului în felul următor : savanții au cîntărit greutatea medie a unui  $\text{cm}^3$  din planeta noastră (adică greutatea ei specifică) și, calculînd, din punct de vedere geometric, volumul ei, au stabilit greutatea Pământului înmulțind greutatea specifică a acestuia cu volumul lui. O astfel de metodă, însă, nu este realizabilă ; nu putem stabili în mod nemijlocit greutatea specifică a Pământului, deoarece nu ne este accesibil decît un înveliș exterior subțire al lui<sup>1</sup> și nu ne este cunoscut din ce fel de materie se

---

<sup>1</sup> Minereurile scoarței Pământului au fost studiate numai pînă la o adîncime de 25 km ; calculul ne demonstrează că din punct de vedere mineralogic s-a cercetat doar a 83-a parte din volumul globului pământesc (n. a.).

compune restul volumului său, care constituie cea mai mare parte a volumului său.

Știm bine că lucrurile s-au petrecut tocmai invers : determinarea masei globului pământesc s-a făcut înainte de a se fi stabilit densitatea lui medie. Această densitate s-a dovedit a fi 5,5 g pe 1 cm<sup>3</sup> — ceea ce depășește cu mult densitatea medie a rocilor ce compun scoarța pământului. Aceasta arată că în adâncimile globului pământesc sînt zăcămintele de materii foarte grele. După presupusa lui greutate specifică (precum și după alte indicii) s-a socotit că miezul planetei noastre constă din fier, puternic comprimat datorită presiunii maselor suprapuse. În prezent se crede că, în genere, părțile centrale ale Pământului nu se deosebesc prin componența lor de scoarță, cu deosebirea că densitatea lor este mult mai pronunțată din cauza uriașei presiuni.

## Greutatea Soarelui și a Lunei

Oricît de curios ar fi, este mult mai simplu de stabilit greutatea îndepărtatului Soare, decît greutatea Lunei, care este mult mai aproape de noi. (Se înțelege de la sine că referitor la acești aștri cerești cuvîntul „greutate“ este folosit în același sens ca și în legătură cu Pământul ; este vorba de determinarea *masei*).

Masa Soarelui a fost stabilită prin intermediul următorului raționament : experiența ne-a dovedit că 1 gram atrage alt gram pe o distanță de 1 cm cu o forță egală cu  $\frac{1}{15\,000\,000}$  mg. Conform legii gravitației universale, atracția reciprocă  $f$  — dintre două corpuri  $M$  și  $m$  pe distanța  $D$  se exprimă astfel :

$$f = \frac{1}{15\,000\,000} \cdot \frac{Mm}{D^2} \text{ mg}$$

Dacă  $M$  este masa Soarelui (în grame),  $m$  — masa Pământului, iar  $D$  — distanța dintre ele egală cu 150 000 000 km, forța de atracție reciprocă a lor este egală cu

$$\frac{1}{15\,000\,000} \cdot \frac{Mm}{15\,000\,000\,000\,000^2} \text{ mg}^1$$

<sup>1</sup> Mai exact dyne ; o dynă = 0,98 mg.

Pe de altă parte, această forță de atracție constituie forța centripetă, care menține planeta noastră pe orbita ei și care, după legile mecanicii, este egală (tot în miligrame) cu  $\frac{mV^2}{D}$ , unde  $m$  reprezintă masa Pământului (în grame),  $V$  — viteza lui pe orbită, egală cu 30 km/sec = 3 000 000 cm/sec, iar  $D$  este distanța dintre Pământ și Soare.

Prin urmare,

$$\frac{1}{15\,000\,000} \cdot \frac{Mm}{D^2} = m \cdot \frac{3\,000\,000^2}{D}$$

Din această ecuație putem determina necunoscuta  $M$  (exprimată, cum am mai spus, în grame):

$$M = 2 \cdot 10^{33} \text{ g} = 2 \cdot 10^{27} \text{ M}$$

Împărțind această masă la masa globului pământesc, adică calculând

$$\frac{2 \cdot 10^{27}}{6 \cdot 10^{21}}$$

obținem 1/3 milion.

O altă metodă de determinare a masei Soarelui se bazează pe aplicarea legii a treia a lui Kepler. Din legea gravitației universale, cea de-a treia lege se deduce sub următoarea formă:

$$\frac{(M + m_1)}{(M + m_2)} \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

unde  $M$  reprezintă masa Soarelui,  $T$  — perioada de rotație siderală a planetei,  $a$  — distanța medie a planetei față de Soare și  $m$  — masa planetei. Aplicând această lege Pământului și Lunei, obținem:

$$\frac{(M + m_p)}{(m_p + m_l)} \frac{T_p^2}{T_l^2} = \frac{A_p^3}{A_l^3}$$

(indicii  $p$  și  $l$  corespund valorilor pentru Pământ și, respectiv, Lună).

Substituind pe  $A_p$ ,  $A_l$ ,  $T_p$  și  $T_l$  cu valorile cunoscute din cercetări și neținând cont în prima aproximație la numărător de masa Pământului, destul de mică față de masa

Soarelui, iar la numitor de masa Lunei, tot atât de mică în raport cu masa Pământului, vom obține

$$\frac{M}{m_p} = 330\,000$$

Cunoscînd masa Pământului, obținem și masa Soarelui.

Prin urmare Soarele este mai greu ca Pământul cu o treime de milion.

Nu este greu de calculat și densitatea medie a sferei solare; în acest scop este nevoie doar să împărțim masa

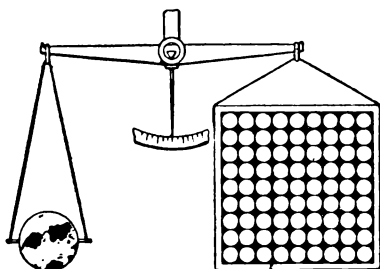


Fig. 93. Pământul „cîntărește” de 81 de ori mai mult decît Luna.

Soarelui la volumul său. S-a constatat că densitatea Soarelui este aproximativ de patru ori mai mică decît densitatea Pământului.

În ceea ce privește masa Lunei, se poate spune, după cum s-a pronunțat un astronom, că „deși este mai aproape de noi decît celelalte corpuri cerești, este mai greu să o cîntărești decît pe Neptun, cea mai îndepărtată planetă (cunoscută pe atunci)”. Luna nu are un satelit care să ne fi ajutat la calculul masei ei, așa cum am calculat noi mai sus masa Soarelui. Savanții au fost nevoiți să recurgă la metode mai complicate, dintre care vom aminti doar una singură. Ea constă în comparația ce se face între intensitatea fluxului produs de Soare și a fluxului generat de Lună.

Intensitatea fluxului depinde de masa și distanța corpului care îl generează. Și pentru că masa și distanța Soarelui ne sînt cunoscute, iar distanța Lunei de asemenea, prin compararea intensității fluxurilor putem stabili masa

Lunei. Ne vom întoarce încă la acest calcul când vom vorbi despre flux. Ne mărginim numai să arătăm rezultatul final : masa Lunei constituie a  $\frac{1}{81}$ -a parte din masa Pământului (fig. 93). Știind diametrul Lunei, putem calcula volumul ei ; reiese că acesta este de 49 ori mai mic decât volumul Pământului. De aceea densitatea medie a satelitului nostru constituie  $\frac{49}{81} = 0,6$  din densitatea Pământului.

Deci, în medie Luna se compune dintr-un material mai ușor decât Pământul, totuși mai dens decât Soarele. În continuare vom vedea (vezi tabelul de la pag. 223) că densitatea medie a Lunei depășește densitatea medie a celor mai multe dintre planete.

## Greutatea și densitatea planetelor și a stelelor

Metoda de „cântărire“ a Soarelui o vom folosi la cântărirea oricărei planete care are măcar un satelit.

Cunoscând viteza  $v$  de mișcare a satelitului pe orbita sa și distanța lui medie  $D$  — față de planeta centrală, facem raportul între forța centripetă, care menține satelitul pe orbita sa,  $\frac{mv^2}{D}$  și forța de atracție reciprocă dintre satelit și planetă, adică  $\frac{kmM}{D^2}$ , unde  $k$  reprezintă forța de atracție dintre un gram față de alt gram pe o distanță de 1 cm,  $m$  — este masa satelitului, iar  $M$  — masa planetei :

$$\frac{mv^2}{D} = \frac{kmM}{D^2}$$

de unde

$$M = \frac{Dv^2}{k}$$

— formulă după care este ușor de calculat masa  $M$  a planetei.

Legea a treia a lui Kepler se aplică și acestui caz :

$$\frac{(M + m \text{ planetei})}{(m \text{ planetei} + m \text{ satelitului})} + \frac{T^2 \text{ planetei}}{T^2 \text{ satelitului}} = \frac{a^3 \text{ planetei}}{a^3 \text{ satelitului}}$$



Și în acest caz, neținînd cont de factorii minori din paranteze, obținem raportul dintre masa Soarelui și masa planetei. Cunoșcînd masa Soarelui putem stabili ușor masa planetei.

Același calcul poate fi aplicat și stelelor duble, cu singura diferență că în acest caz rezultatul nu va constitui masa fiecărei stele în parte, ci *suma* maselor lor.

Este mult mai greu de determinat masa sateliților ce însoțesc planetele, precum și cea a planetelor fără sateliți.

De pildă masa lui Mercur și masa planetei Venus au fost stabilite prin intermediul perturbațiilor pe care le exercită atît una asupra celeilalte, cît și ambele asupra Pămîntului și asupra mișcării unor anumite comete.

În ceea ce privește asteroizii, a căror masă este atît de neînsemnată încît perturbațiile pe care le exercită ele, unele asupra celorlalte, nu prezintă nici o importanță, problema determinării masei lor în genere este de nerezolvat. Se cunoaște numai — și asta cu aproximație — limita maximă a masei tuturor acestor fărîmituri de planetă, luate la un loc.

Avînd masa și volumul planetelor, putem ușor calcula *densitatea* lor medie.

Rezultatele le aveți în tabelul următor :

Densitatea Pămîntului = 1

Mercur	1,00
Venus	0,92
Pămîntul	1,00
Marte	0,74
Jupiter	0,24
Saturn	0,13
Uranus	0,23
Neptun	0,22

Vedem că Pămîntul nostru și Mercur sînt planetele cu cea mai mare densitate din sistemul nostru solar. Densitatea medie redusă a marilor plante se explică prin aceea că miezul dens al fiecărei plante mari este învăluit de o atmosferă uriașă, care posedă o masă mică, dar mărește mult volumul vizibil al planetei.

Persoanele cu cunoștințe reduse în domeniul astronomiei adeseori își exprimă surprinderea în legătură cu faptul că savanții, fără a fi fost vreodată pe Lună sau pe alte planete, vorbesc totuși cu siguranță despre forța gravitației de pe suprafața lor. Cu toate acestea nu este greu să calculezi cât trebuie să cântărească o greutate de cântar transportată într-o altă lume. În vederea acestui lucru trebuie să cunoști numai raza și masa corpului ceresc respectiv.

Să stabilim, de pildă, intensitatea forței gravitației pe Lună. După cum știm, masa Lunei este de 81 ori mai mică decât masa Pământului. Dacă Pământul ar avea o masă atît de mică, intensitatea forței de atracție pe suprafața lui ar fi de 81 de ori mai slabă ca acum. După legea lui Newton, însă, globul pămîntesc exercită atracția în așa fel, încît s-ar părea că întreaga lui masă ar fi localizată în centru. Centrul Pământului se află la o distanță de o rază pămînteană de suprafața lui, iar centrul Lunei — la distanță de o rază de Lună. Raza Lunei constituie însă  $\frac{27}{100}$  din raza Pământului. Din cauza micșorării distanței de  $\frac{100}{27}$  ori, forța de atracție crește de  $\left(\frac{100}{27}\right)^2$  ori. În concluzie, intensitatea forței de atracție pe Lună constituie

$$\frac{100^2}{27^2 \cdot 81} \approx \frac{1}{6} \text{ din forța de atracție a Pământului.}$$

Prin urmare, o greutate de 1 kg transportată pe Lună ar cântări acolo numai  $\frac{1}{6}$  kg. Desigur că această reducere de greutate s-ar putea constata numai cu ajutorul unui cântar cu arc și nu al unui cântar-balanță (fig. 94).

Este interesant de știut că un înotător pe Lună, în ipoteza că acolo ar exista apă, s-ar simți la fel ca și pe Pământ. În apă greutatea lui s-ar micșora de șase ori, dar tot de atîtea ori s-ar reduce și greutatea apei dislocate de el; raportul dintre ei ar fi același ca și pe Pământ, iar înotătorul s-ar scufunda în apa de pe Lună în aceeași măsură ca și la noi.

În același timp, eforturile de a se menține la suprafața apei pe Lună ar da rezultate mai eficace; dat fiind că greutatea corpului se reduce, înotătorul va putea să se ridice deasupra apei cu un efort mai mic al mușchilor.

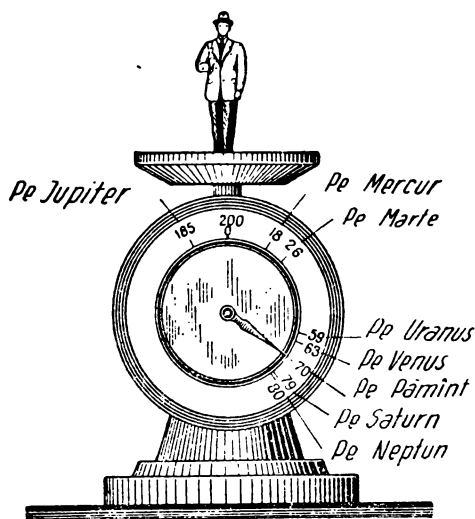


Fig. 94. Care ar fi greutatea unui om pe diferite planete ?

Mai jos redăm un tabel de valori pentru forța de atracție de pe diferite planete în comparație cu Pământul.

Pe Mercur . . . . .	0,26	Pe Saturn . . . . .	1,13
„ Venus . . . . .	0,90	„ Uranus . . . . .	0,84
„ Pământ . . . . .	1,00	„ Neptun . . . . .	1,14
„ Marte . . . . .	0,37	„ Pluton . . . . .	—
„ Jupiter . . . . .	2,64		

După cum reiese din tabel, planeta noastră deține, în ceea ce privește forța gravitației, locul al patrulea în sistemul solar după Jupiter, Neptun și Saturn.

## Greutatea record

Cele mai înalte valori le realizează forța gravitației pe suprafața acelor „pitici albi“ de tipul Sirius B, despre care am vorbit în capitolul IV. Este ușor de priceput că masa uriașă a acestor aștri față de raza relativ mică a lor trebuie să condiționeze o uriașă forță de atracție pe suprafața lor. Să facem un calcul în acest sens pentru acea stea din constelația Cassiopeei, a cărei masă depășește de 2,8 ori masa Soarelui nostru, în timp ce raza ei este de două ori mai mică decât raza Pământului. Amintindu-ne că masa Soarelui este de 330 000 de ori mai mare decât cea a Pământului, stabilim că forța de atracție de pe susnumita stea depășește forța de atracție a Pământului de

$$2,8 \cdot 330\,000 \cdot 2^2 = 3\,700\,000 \text{ de ori}$$

1 cm<sup>3</sup> de apă, care cântărește pe Pământ 1 g, ar cântări pe suprafața acestei stele aproape  $3\frac{3}{4}$  tone! Un cm<sup>3</sup> din materia componentă a însăși stelei respective (care este de 36 000 000 de ori mai densă decât apa) ar trebui să aibă, în această lume ciudată, fantastica greutate de

$$3\,700\,000 \cdot 36\,000\,000 = 133\,200\,000\,000\,000 \text{ g.}$$

Un degetar de materie care cântărește 100 de milioane tone; iată un monstru, a cărei existență în Univers nu o bănuiau, pînă mai ieri, nici cei mai îndrăzneți fanteziști

## Greutatea în adîncul planetelor

Ce schimbare s-ar produce în greutatea unui corp dacă el ar fi coborît în adîncul unei planete, spre exemplu în fundul unei mine de o adîncime fantastică?

Mulți se înșeală gîndind că în fundul unei astfel de mine corpul ar deveni mai greu, socotind că el se află mai aproape de centrul planetei, adică de acel punct, care atrage toate corpurile. Acest raționament, totuși, nu este just. Forța de atracție către centrul planetei nu crește pe măsură ce coborîm în adîncime, ci dimpotrivă se reduce. O explicație mai

accesibilă cititorul o poate primi în cartea mea „Fizica distractivă“. Pentru a nu repeta cele spuse acolo, voi sublinia numai cele ce urmează.

Mecanica ne arată că corpurile plasate în interiorul unui înveliș sferic omogen sînt complet lipsite de greutate (fig. 95). De aici deducem că un corp care se află înlăuntrul unei sfere absolut omogene este supus gravitației exercitate numai de acea parte de materie inclusă în sferă a

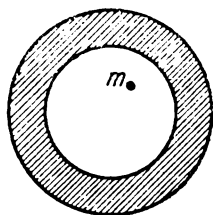


Fig. 95. Corpul din interiorul scoarței unei sfere nu are greutate.

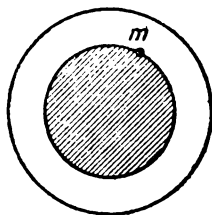


Fig. 96. De ce depinde greutatea corpului în miezul unei planete ?

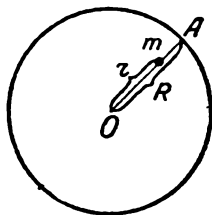


Fig. 97. Calculul variației greutății unui corp pe măsură ce ne apropiem de centrul planetei.

cărei rază este egală cu distanța la care se află corpul respectiv față de centru (fig. 96).

Sprijinindu-ne pe aceste teorii, nu ne este greu să formulăm o lege după care greutatea corpului se schimbă pe măsura apropierii lui de centrul planetei. Să zicem că  $R$  reprezintă raza planetei (fig. 97), iar  $r$  distanța corpului de centrul ei. Forța de atracție a corpului în acest punct trebuie să crească de  $\left(\frac{R}{r}\right)^2$  ori și să se reducă în același timp de  $\left(\frac{R}{r}\right)^3$  ori (deoarece masa planetei, care exercită forța de atracție, s-a redus în raportul arătat mai sus). În ultima instanță forța de atracție trebuie să se reducă de

$$\left(\frac{R}{r}\right)^3 : \left(\frac{R}{r}\right)^2, \text{ adică de } \frac{R}{r} \text{ ori.}$$

Prin urmare, în adâncimile planetelor greutatea unui corp trebuie să se micșoreze de atâtea ori de câte ori s-a micșorat și distanța pînă la centrul lor. Pentru o planetă cu dimensiuni

egale cu cele ale Pământului nostru, a cărei rază este de 6 400 km, coborîrea în adîncime cu 3 200 km implică reducerea de două ori a greutateii, iar la 5 600 km reducerea greutateii este de

$$\frac{6400}{6400 - 5600}, \text{ adică de opt ori.}$$

În însuși centrul planetei, corpul trebuie să-și piardă cu desăvîrșire greutatea, dat fiind că

$$\frac{6400 - 6400}{6400} = 0.$$

Acest lucru putea fi presupus și fără calcule, ținînd seama de faptul că în centrul planetei materia atrage corpul din toate direcțiile cu aceeași forță.

Raționamentele expuse aici se referă la o planetă imaginară, *omogenă* prin densitatea ei. Față de planetele reale, aceste raționamente sînt valabile împreună cu unele paranteze. În deosebi pentru globul pămîntesc, a cărei densitate este mai mare în adîncime decît la suprafață, legea variației forței gravitației o dată cu apropierea de centru deviază într-o oarecare măsură de la ceea ce am stabilit mai sus : pînă la o adîncime anumită (nu prea mare) gravitatea crește, și numai după aceea începe să scadă o dată cu înaintarea în adîncime.

### Problemă despre un vapor

Cînd este mai ușor vaporul — într-o noapte cu lună sau într-o noapte fără lună ?

### Răspuns

Problema este mai complicată decît se crede. Nu putem răspunde pur și simplu că vaporul este mai ușor într-o noapte cu lună, cum de altfel toate obiectele în genere trebuie să fie mai ușoare în jumătatea globului ce se află în lumina Lunei,

pentru că „Luna îl atrage“. Este limpede că atrăgînd vaporul, Luna atrage în același timp întregul glob pămîntesc. În vid, sub acțiunea forței gravitației, toate corpurile se mișcă cu viteză egală ; Pămîntul, laolaltă cu vaporul, datorită forței de atracție a Lunei, sînt supuse aceleiași accelerații, iar reducerea de greutate a vaporului nu ar trebui să se observe. Cu toate acestea, vaporul luminat de Lună este mai ușor decît într-o noapte fără Lună.

Vom explica de ce. Să zicem că în fig. 98, O este centrul globului pămîntesc, A și B reprezintă vaporul, același vapor

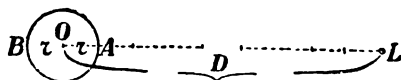


Fig. 98. Acțiunea forței de atracție a Lunei asupra particulelor globului pămîntesc.

situat în două puncte diametral opuse de pe glob,  $r$  — raza Pămîntului, iar  $D$  — distanța dintre punctul  $L$  — centrul Lunei și punctul  $O$  — centrul Pămîntului. Masa Lunei o vom nota cu litera  $M$  și masa vaporului — cu  $m$ . Pentru simplificarea calculului, plasăm punctele  $A$  și  $B$  în așa fel, ca Luna, în raport cu ele, să se afle la zenit și nadir. Forța de atracție exercitată asupra vaporului de către Lună în punctul  $A$  (adică într-o noapte cu lună), este egală cu

$$\frac{kMm}{(D-r)^2}$$

unde  $k = \frac{1}{15\,000\,000}$ . În punctul  $B$  (noapte fără Lună) același vapor este atras de Lună cu o forță de

$$\frac{kMm}{(D+r)^2}$$

Diferența dintre cele două forțe de atracție este egală cu

$$k M m \cdot \frac{4r}{D^3 \left[ 1 - \left( \frac{r}{D} \right)^2 \right]^2}$$

Deoarece  $\left(\frac{r}{D}\right)^2 = \left(\frac{1}{60}\right)^2$  constituie o valoare neînsemnată, nu ținem cont de ea. În consecință expresia se simplifică considerabil; ea are următorul aspect

$$k \, Mm \cdot \frac{4r}{D^3}$$

O transformăm astfel

$$\frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{4r}{D} = \frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{1}{15}.$$

Ce reprezintă  $\frac{kMm}{D^2}$  ? Nu este greu de ghicit — e forța cu care atrage Luna vaporul situat la distanța  $D$  față de centrul ei. Pe suprafața Lunei vaporul, a cărui masă este egală cu  $m$ , cântărește  $\frac{m}{6}$ . La distanța  $D$ , care-l separă de Lună, vaporul este atras de către aceasta cu o forță de  $\frac{m}{6D^2}$ . Cum  $D$  reprezintă 220 de raze de Lună,

$$\frac{kMm}{D^2} = \frac{m}{6 \cdot 220^2} \approx \frac{m}{300\,000}.$$

Întorcându-ne acum la calculul diferenței forțelor de atracție, obținem

$$\frac{kMm}{D^2} \cdot \frac{1}{15} \approx \frac{m}{300\,000} \cdot \frac{1}{15} = \frac{m}{4\,500\,000}.$$

Dacă greutatea vaporului este de 45 000 tone, diferența de greutate de la o noapte cu Lună la alta fără Lună reprezintă

$$\frac{45\,000\,000}{4\,500\,000} = 10 \text{ kg}$$

Prin urmare vaporul este mai ușor într-o noapte cu Lună decât în una fără Lună, deși diferența este aproape fără importanță.

## Mareele de Lună și de Soare

Problema soluționată mai sus ne va ajuta să elucidăm cauza principală a fluxului și refluxului. Nu trebuie să credem că fluxul este o consecință a faptului că Luna sau Soarele atrag în mod nemijlocit apa către sine. Am mai explicat că Luna nu atrage numai ceea ce se află pe suprafața globului



pămîntesc, ci atrage în același timp întregul Pămînt. Explicația constă în faptul că sursa de atracție se găsește la o distanță mai mare de centrul Pămîntului, decît de moleculele de apă de la suprafața întoarsă spre Lună a acestuia. Diferența corespunzătoare a forței de atracție se calculează tot așa cum am calculat mai sus diferența forțelor de atracție exercitate asupra vaporului. În acel punct, la al cărui Zenit se află Luna, fiecare kg de apă este atras cu o forță mai mare decît 1 kg de materie din centrul Pămîntului: cu  $\frac{2kMr}{D^3}$ , iar apa, care se află în punctul diametral opus al Pămîntului, este atrasă cu o forță mai mică cu aceeași mărime.

Ca urmare a acestei diferențe, în ambele cazuri apa se ridică peste suprafața solidă a Pămîntului; în primul caz pentru motivul că apa se deplasează mai mult către Lună decît partea solidă a globului, și în al doilea caz — pentru că partea solidă a Pămîntului se deplasează mai mult spre Lună decît apa <sup>1</sup>.

Aceeași influență o exercită și Soarele asupra apelor oceanului. Ne întrebăm, însă, a cui acțiune este mai puternică, a Soarelui sau a Lunei? Dacă am compara forța lor de atracție *nemijlocită*, ar rezulta că acțiunea Soarelui este mai puternică. Într-adevăr, masa Soarelui este mai mare decît masa Pămîntului de 330 000 ori, în timp ce masa Lunei este mai mică de încă 81 ori, ceea ce înseamnă că masa Lunei este mai mică decît masa Soarelui de  $330\,000 \times 81$ . Distanța de la Soare la Pămînt este egală cu 23 400 raze pămîntene, iar de la Lună la Pămînt sînt 60 raze pămîntene. Prin urmare, raportul dintre forța de atracție exercitată de Soare asupra Pămîntului și forța de atracție exercitată asupra lui de Lună este

$$\frac{330\,000 \cdot 81}{23\,400^2} : \frac{1}{60^2} \approx 170$$

Astfel, Soarele atrage toate obiectele de pe Pămînt de 170 de ori mai puternic decît Luna. În concluzie s-ar putea

---

<sup>1</sup> Remarcăm aici doar cauza principală a fluxurilor și refluxurilor; acest fenomen, în totalitatea lui, este mult mai complicat, fiind condiționat și de alte cauze (efectul rotației globului pămîntesc în jurul centrului general al maselor Pămîntului și Lunei etc.). (n. a.)

crede că fluxul produs de Soare este mai mare ca fluxul produs de Lună. Cu toate acestea, în realitate lucrurile se petrec tocmai pe dos; fluxul datorit Lunei este mai mare decât fluxul produs de Soare. Aceasta este în perfectă concordanță cu calculul efectuat potrivit formulei  $\frac{2kmM}{D^2}$ . Dacă pentru masa Soarelui vom lua  $M_s$ , iar pentru masa Lunei  $M_l$ , distanța pînă la Soare  $D_s$  și distanța pînă la Lună  $D_l$ , raportul dintre forțele generatoare de fluxuri datorite Lunei și Soarelui este:

$$\frac{2kM_s r}{D_s^3} : \frac{2kM_l r}{D_l^3} = \frac{M_s}{M_l} \cdot \frac{D_l^3}{D_s^3}.$$

Să considerăm masa Lunei drept  $\frac{1}{81}$  din masa Pămîntului.

În acest caz, cunoscînd că Soarele este de 400 de ori mai departe ca Luna, avem:

$$\frac{M_s}{M_l} \cdot \frac{D_l^3}{D_s^3} = 330\,000 \cdot 81 \cdot \frac{1}{400^3} = 0,42$$

Deci, fluxul generat de Soare trebuie să fie de circa  $2\frac{1}{2}$  ori mai scăzut decât fluxul produs de Lună.

Este momentul să arătăm cum, prin comparația înălțimilor fluxurilor produse de Lună și de Soare, a putut fi stabilită masa Lunei. A urmări separat înălțimea fluxurilor de Lună și de Soare nu este posibil; ele se produc concomitent. Putem măsura, totuși, înălțimea fluxului atunci cînd acțiunile ambelor corpuri cerești se adună (adică Luna și Soarele se găsesc pe aceeași dreaptă cu Pămîntul), sau cînd acțiunile lor sînt contrarii (dreapta care unește Soarele cu Pămîntul este perpendiculară pe dreapta care unește Luna cu Pămîntul). Cercetările au demonstrat că fluxurile de Soare constituie 0,42 din înălțimile fluxurilor de Lună. Dacă forța generatoare de fluxuri datorită Lunei este egală cu  $x$ , iar cea datorită Soarelui cu  $y$ ,

$$\frac{x+y}{x-y} = \frac{100}{42},$$

de unde

$$\frac{x}{y} = \frac{71}{29}.$$

Deci, folosindu-ne de formula mai sus stabilită, avem :

$$\frac{M_s}{M_l} \cdot \frac{D_l^3}{D_s^3} = \frac{29}{71}$$

sau

$$\frac{M_s}{M_l} \cdot \frac{1}{64\,000\,000} = \frac{29}{71}.$$

Pentru că masa Soarelui  $M_s = 330\,000 M_r$ , unde  $M_r$  reprezintă masa Pământului, este ușor de obținut și relația următoare :

$$\frac{M_p}{M_l} = 80$$

adică masa Lunei reprezintă  $\frac{1}{80}$  din masa Pământului. Un calcul mai precis dă pentru masa Lunei valoarea 0,0123 (din masa Pământului).

## Luna și vremea

Mulți sînt curioși să știe ce influență ar putea să exercite asupra presiunii atmosferice fluxurile și refluxurile cauzate de Lună în oceanul de văzduh al planetei noastre. Întrebarea asta își are povestea ei veche. Fluxurile din atmosfera Pământului au fost descoperite de marele învățat rus M. V. Lomonosov, care le-a denumit valuri de aer. Ele au constituit obiectul multor cercetări, dar, cu toate acestea, despre rolul fluxurilor din atmosferă circulă tot soiul de variante fără valabilitate. Profanii cred că Luna provoacă în atmosfera ușoară și imobilă a Pământului uriașe valuri. De aici pornește convingerea că aceste fluxuri produc schimbări simțitoare în presiunea atmosferică și că au o însemnătate hotărîtoare în meteorologie.

Această părere este profund greșită. Din punct de vedere teoretic se poate dovedi că înălțimea fluxului atmosferic nu trebuie să depășească înălțimea fluxului apei în largul oceanului. Această afirmație pare a fi surprinzătoare ; se știe doar că aerul este de aproape o mie de ori mai ușor ca apa chiar în straturile lui mai joase și prin urmare mai dense. Atunci,

pentru care motiv atracția Lunei nu-l ridică la o înălțime tot de o mie de ori mai mare? Situația este tot atât de paradoxală ca și în cazul căderii cu aceeași viteză, în vid, a corpurilor grele sau ușoare.

Să ne reamintim de experiența făcută în școală cu bila de plumb, introdusă într-un tub golit de aer, care nu întrece, în căderea ei, un fulg de puf. Fenomenul fluxului, în cele din urmă, nu este condiționat de altceva decât de căderea globului pământesc și a învelișurilor lui mai ușoare în spațiul cosmic sub influența gravitației Lunei (și a Soarelui). În vidul spațiului cosmic toate corpurile — ușoare sau grele — cad cu aceeași viteză, sub influența forței gravitației se deplasează pe distanțe egale, dacă se află la aceeași depărtare de centrul de greutate.

Cele spuse mai sus ne dau temeiul să credem că înălțimea fluxurilor atmosferice trebuie să fie egală cu aceea de pe ocean, departe de țărm. Într-adevăr dacă apelăm la formulă, după care se calculează înălțimea fluxului, ne-am convinge că ea include doar cele două mase ale Lunei și a Pământului, raza globului pământesc și distanța de la Pământ la Lună. Din această formulă nu fac parte nici densitatea lichidului ce se înalță prin forța de atracție și nici adâncimea oceanului. Substituind apa din ocean cu aer, nu vom schimba rezultatul calculelor și vom obține aceeași înălțime pentru fluxul atmosferic ca și pentru fluxul în largul oceanului, în timp ce această din urmă valoare este absolut neînsemnată. Înălțimea teoretică a celui mai mare flux în plin ocean este de aproximativ  $\frac{1}{2}$  metru și numai contururile țărmurilor și ale fundului care strangulează valul îl înalță în unele puncte pînă la 10 metri și mai bine. Există mașini extrem de interesante care fac pronosticul înălțimii fluxului într-un anumit loc și în orice clipă după unele date cu privire la poziția Soarelui și a Lunei.

În oceanul fără țărmuri al atmosferei nimic nu poate schimba priveliștea teoretică a fluxului produs de Lună sau să modifice înălțimea teoretică maximă a lui — de  $\frac{1}{2}$  metru. O ridicare atât de neînsemnată a stratului de aer nu poate exercita o influență considerabilă asupra presiunii atmosferice.

Laplace, preocupat fiind de teoria fluxurilor atmosferice, a ajuns la concluzia că oscilațiile presiunii atmosferice, condi-

ționate de aceste fluxuri, pot ridica coloana de mercur cu cel mult 0,6 mm, iar vîntul generat de aceleași fluxuri suflă cu o viteză maximă de 7,5 cm/sec.

Este limpede că fluxurile atmosferice nu pot avea vreun rol esențial printre factorii meteorologici.

Considerentele de mai sus arată lipsa de temei a încercărilor diferiților „prooroci ai Lunei“ de a preciza vremea după poziția de pe cer a Lunei.



## S U M A R

PREFAȚĂ .	5
CUVÎNT ÎNAINTE	9

### *Capitolul I*

#### PĂMÎNTUL - FORMA ȘI MIȘCĂRILE LUI

Drumul cel mai scurt pe Pământ și pe hartă . . .	11
Încotro a zburat Amundsen ? . . . . .	10
Cinci feluri de socotire a timpului . . . . .	21
Durata unei zile . . . . .	26
O problemă despre două trenuri . . . . .	31
Punctele cardinale determinate cu ajutorul ceasului de buzunar	33
Noapți albe și zile negre . . . . .	36
Alternanța întinericului și luminii . . . . .	38
Enigma Soarelui polar . . . . .	39
Cînd încep anotimpurile anului ? . . . . .	40
Trei de „dacă” . . . . .	43
Dacă axa Pământului ar fi perpendiculară pe planul orbitei .	43
Dacă axa Pământului ar avea o înclinație de $45^{\circ}$ față de planul orbitei . . . . .	46
Dacă axa Pământului ar fi cuprinsă în planul orbitei . . .	46
Încă un „dacă” . . . . .	48
Dacă orbita Pământului ar fi mai turtită . . . . .	51
Cînd sîntem mai aproape de Soare : la amiază sau seara ?	55
Mai departe cu un metru . . . . .	56
Din mai multe puncte de vedere . . . . .	59
Unitate de timp nepămînteană . . . . .	62
Unde încep lunile și anii . . . . .	64
Cîte vineri sînt în februarie ? . . . . .	66

## Capitolul II

### LUNA ȘI MIȘCĂRILE EI.

Lună nouă și Lună în descreștere	69
Luna ca simbol de steag	70
Taina fazelor Lunei	72
Planetă dublă	73
De ce Luna nu cade pe Soare?	76
Partea vizibilă și partea invizibilă a Lunei	78
A doua Lună și Luna Lunei	82
De ce nu are luna atmosferă?	83
Dimensiunile Lunei	86
Peisajele de pe Lună	88
Cerul Lunei – O boltă cerească întunecată	94
Pământul pe cerul Lunei	95
Eclipsele pe Lună	101
Pentru ce urmăresc astronomii eclipsele	102
De ce eclipsele se repetă la fiecare 18 ani?	110
E posibil oare?	113
Ceea ce mulți nu știu despre ecipse	115
Cum e vremea pe Lună?	118

## Capitolul III

### PLANETELE

Planetele la lumina zilei	121
Alfabetul planetar	122
Ceea ce nu poate fi desenat	124
De ce planeta Mercur nu are atmosferă?	128
Fazele lui Venus	130
Marile opoziții	132
Ce să fie oare, planetă sau un Soare mai mic?	134
Disparația inelelor lui Saturn	137
Anagrame astronomice	138
O planetă mai îndepărtată ca Neptun	141
Planete – pitici	142
Cei mai apropiați vecini ai noștri	145
Însoțitorii lui Jupiter	147
Alte bolți cerești	147

## Capitolul IV

### STELELE

De ce stelele au aspect de stele ? . . . . .	160
De ce stelele sclipesc, iar planetele lucesc fără a sclipi ? . . . . .	161
Sînt vizibile stelele ziua ? . . . . .	163
Ce reprezintă magnitudinea stelară ? . . . . .	165
Algebra sîderală . . . . .	167
Ochiul și telescopul . . . . .	170
Magnitudinea stelară a Soarelui și a Lunei . . . . .	171
Adevărata strălucire a stelelor și a Soarelui . . . . .	173
Cea mai luminoasă stea dintre cele cunoscute . . . . .	175
Magnitudinea stelară a planetelor pe bolta cerească a Pămîntului și pe bolta altor corpuri cerești . . . . .	176
De ce telescopul nu mărește stelele ? . . . . .	178
Cum a fost măsurat diametrul stelelor ? . . . . .	181
Giganți ai Universului sîderal . . . . .	183
Un calcul surprinzător . . . . .	184
De ce se spune despre stele că sînt fixe ? . . . . .	189
Unități de măsură în distanțe cerești . . . . .	192
Si'emul din care fac parte cele mai apropiate stele . . . . .	195
Proporțiile Universului . . . . .	197

## Capitolul V

### FORȚA GRAVITAȚIEI

Greutatea la mari înălțimi . . . . .	203
Cu compasul de-a lungul căilor planetare . . . . .	205
Căderea planetelor pe Soare . . . . .	210
Nicovala lui Vulcan . . . . .	213
Hotarele sistemului solar . . . . .	213
Eroarea din romanul lui Jules Verne . . . . .	214
Cum a fost cîntărit Pămîntul ? . . . . .	215
Din ce se compune miezul Pămîntului ? . . . . .	218
Greutatea Soarelui și a Lunei . . . . .	219
Greutatea și densitatea planetelor și a stelelor . . . . .	222
Greutatea pe Lună și pe planete . . . . .	224
Greutatea record . . . . .	226
Greutatea în adîncul planetelor . . . . .	226
Problemă despre un vapor . . . . .	
Mareele de Lună și de Soare . . . . .	230
Luna și vremea . . . . .	233